

# Korkeustieto-yhteistyöryhmän loppuraportti

Helsinki 31.12.2008

# Korkeustieto-yhteistyöryhmän loppuraportti

Helsinki 31.12.2008

## SISÄLLYSLUETTELO

Tiivistelmä .....	1
Sammandrag .....	2
Johdanto .....	3
1.1 Tausta.....	3
1.2 Työryhmän tehtävä .....	4
1.3 Työryhmän työskentelytapa.....	4
2 Korkeustietojen keruun yhteistyö .....	5
2.1 Yhteistyön yleiset tavoitteet .....	5
2.2 Osapuolet ja niiden rooli .....	6
3 Korkeustietojen tuotantomenetelmä .....	7
3.1 Menetelmän kehittäminen .....	7
3.2 Menetelmän kuvaus .....	10
3.3 Menetelmän kustannukset.....	10
4 Tuotannon suunnittelu .....	11
4.1 Korkeustietojen käyttäjien tarpeet .....	11
4.2 Tuotantosuunnitelman laatimisperiaatteet .....	13
4.3 Vuoden 2008 tuotanto .....	14
4.4 Tuotantosuunnitelma 2009 - 2011 .....	15
4.5 Tuotantosuunnitelma 2012 - 2020.....	17
5 Ensimmäisen tuotantovuoden kokemukset .....	17
5.1 Laserkeilauspalvelujen kilpailutus .....	17
5.2 Korkeusmallituotanto Maanmittauslaitoksessa.....	18
5.3 Korkeustietojen käyttäjien kokemuksia.....	19
5.4 Esiin tulleet uudet tarpeet .....	26
6 Tiedottaminen .....	26
7 Työryhmän ehdotukset jatkotoimenpiteiksi.....	27
7.1 Yhteistyöryhmän jatkaminen .....	27
7.2 Tuotantosuunnitelmien ja teknisten määritelmien päivitys.....	28
7.3 Tuotantovastuu .....	28
7.4 Rahoitus .....	28
7.5 Jatkokehittäminen.....	29
Liite 1: Määrittelyt korkeuspisteaineistolle ja korkeusmallituotteelle sekä niiden laadulle ja meta- tiedoille	

## Tiivistelmä

Maa- ja metsätalousministeriö asetti 13.2.2007 ns. Korkeustieto-yhteistyöryhmän toimikaudelle 31.2.2007 - 31.12.2008. Yhteistyöryhmän tehtävänä oli sitä edeltäneen korkeusmallityöryhmän suositusten mukaisesti valmistella tarkennettu suunnitelma valtakunnallista korkeusmallituotantoa ja alueellisia tietotarpeita tukevan tiedonkeruuyhteistyön toteuttamiseksi ja käynnistää suunnitelman toteuttaminen, seurata sen toteutumista ja raportoida yhteistoiminnan tuloksista ja kehittämistarpeista. Työryhmä kokoontui 10 kertaa, laati toiminta- ja tiedotussuunnitelman, toteutti toimeksiannossa osoitetut korkeusmallituotannon suunnitteluun ja aloittamiseen liittyvät tehtävät sekä valmisteli tämän muistion työnsä tuloksista.

Uuden korkeusmallin tuotantoalueiden prioriteettijärjestys ja likimääräinen aluerajaus suunniteltiin korkeustietojen yhteistyöryhmässä ottaen huomioon erilaiset tietoon saadut korkeustietojen käyttäjien tarpeet. Lisäksi otettiin huomioon tuotantoalueiden koko- ja muotovaatimukset tuotannon taloudellisuuden optimoimiseksi.

Tuotantomenetelmäksi valittiin ns. korkeusmallityöryhmän suositusten ja testityön perusteella laserkeilaukseen perustuva menetelmä. Maanmittauslaitoksessa toteutettiin tuotantoa valmistelevia kehittämisprojekteja, joiden avulla oli määriteltiin valmistettavat aineistot ja suunniteltiin tuotantojärjestelmä.

Valtakunnallisen laserkeilaukseen perustuvan uuden korkeusmallin tuotanto aloitettiin yhteistyöryhmässä käsiteltyjen linjausten mukaisesti vuonna 2008. Pääosan keilauksesta suoritti kilpailutuksen perusteella kaksi eri toimittajaa. Lisäksi Maanmittauslaitos keilasi itse pienen osan vuokrakeilaimella. Vuonna 2008 keilattiin valtakunnallisen korkeusmallin tuotantoa varten yhteensä runsaat 21 000 km<sup>2</sup>. Ensimmäiset valmiit korkeusmallit (kokonainen tuotantoalue) valmistuivat 28.10.2008. Tavoitteena on, että kaikkien keilattujen alueiden korkeusmallit ovat valmiit viimeistään syksyyn 2009 mennessä.

Tarjouskilpailussa saatujen laserkeilaustarjousten hinta oli noin 45 - 50 euroa neliökilometriä kohti. Keilauksen lisäksi korkeusmallin tuotantokustannuksiin on laskettava aineiston laadunvalvonnasta, saadun pisteaineiston käsittelystä ja maanpintaluokittelusta sekä varsinaisen korkeusmallin muodostamisesta kertyvät kustannukset. Valmiin korkeusmallin tuotannon yksikkökustannuksiksi muodotui noin 72 euroa / neliökilometri. Sivutuotteena syntyy lisäksi luokiteltu laserpisteaineisto, jota voidaan käyttää muiden tuotteiden valmistukseen. Kustannukset ovat samaa suuruusluokkaa tai hivenen alhaisemmat kuin MML:n nykyisen KM10-korkeusmallin tuotantokustannukset. Tuottavuus sen sijaan on 2-3 kertainen KM10-korkeusmallin tuottamiseen verrattuna ensimmäisen tuotantovuoden kokemusten perusteella. Parempi tuottavuus johtuu siitä, että uuden korkeusmallin tuotannossa on suuri osa työvaiheista automatisoitu.

Yhteistyöryhmä katsoo, että sekä käynnistetty korkeusmallin tuotanto että siihen liittyvä yhteistyö ovat onnistuneet erittäin hyvin. Yhteistyöryhmä pitää tärkeänä, että sekä yhteistoimintaa että korkeusmallin tuotantoa jatketaan synnytetyn toimintamallin mukaisesti. Yhteistyön merkitys korostuu korkeusmallin tuotantoalueiden tärkeysjärjestyksen ja ajoittamisen suunnittelussa siten, että korkeusmalli valmistuu korkeustietojen käyttäjien kannalta optimaaliseen aikaan. Systemaattinen yhteistyö on tärkeää jatkossa myös metsätalouden tarpeita ja korkeusmallituotantoa varten tarvittavien laserkeilausten koordinoimiseksi.

Yhteistyöryhmä esittää, että Maa- ja metsätalousministeriö asettaisi uuden yhteistyöryhmän kaudelle 2009 - 2010. Yhteistyön puitteissa tuotantosuunnitelmissa ja teknisissä määritelmissä voidaan huomioida käyttäjien tarpeita ja niiden muutoksia. Lisäksi yhteistyöryhmä esittää, että sekä tuotantoon että syntyvän aineiston käyttöön liittyvien menetelmien kehittämistä jatketaan yhteistyössä eri ministeriöiden, käyttäjien ja tutkimuslaitosten kanssa.

## Sammandrag

Den 13.2.2007 tillsatte jord- och skogsbruksministeriet samarbetsgruppen för höjddata för perioden 31.2.2007–31.12.2008. I enlighet med den föregående arbetsgruppens rekommendationer fick samarbetsgruppen uppdraget att förbereda en mer detaljerad plan för att verkställa ett samarbete inom datainsamling som stöder den riksomfattande höjdmodellsproduktionen och regionala informationsbehov. I uppdraget ingår även att genomföra och följa upp arbetet samt att rapportera om samarbetets resultat och utvecklingsbehov. Arbetsgruppen samlades 10 gånger, upprättade en verksamhets- och kommunikationsplan, planerade och inledde höjdmodellsproduktionen enligt uppdraget samt upprättade detta PM över arbetets resultat.

Prioritetsordningen och den uppskattade områdesavgränsningen för den nya höjdmodellens produktionsområden planerades i samarbetsgruppen för höjddata. Höjddataanvändarnas kända behov samt produktionsområdenas storleks- och formkrav beaktades under planeringen för att optimera produktionens lönsamhet.

Enligt höjdmodellarbetsgruppens rekommendationer och testarbetet valdes en produktionsmetod som grundar sig på laserskanning. Lantmäteriverkets utvecklingsprojekt förberedde produktionen genom att definiera produktionsmaterialet och planera produktionssystemet.

År 2008 inleddes produktionen av den nya riksomfattande höjdmodellen som grundar sig på laserskanning i enlighet med samarbetsgruppens rekommendationer. Två konkurrensutsatta leverantörer utförde huvuddelen av skanningen, medan Lantmäteriverket skannade själv en liten del med en hyrd skanner. Sammanlagt laserskannades drygt 21 000 km<sup>2</sup> år 2008. De första höjdmodellerna (kompleta produktionsområden) blev färdiga 28.10.2008. Målsättningen är att alla höjdmodeller som täcker de skannade områdena ska vara färdiga senast hösten 2009.

I laserskanningsofferterna som mottogs under upphandlingsprocessen var priset för laserskanning i offerterna cirka 45-50 euro per kvadratkilometer. Produktionskostnaderna för höjdmodellen innefattar förutom själva skanningen även kostnaderna för materialets kvalitetskontroll, behandlingen av punktdatamaterialet och klassificeringen av markytor samt för skapandet av själva höjdmodellen. Enhetskostnaden för produktionen av den färdiga höjdmodellen blev cirka 72 euro per kvadratkilometer. Samtidigt uppstod ett klassificerat laserpunktdatamaterial som kan användas vid produktionen av andra produkter. Kostnaderna är ungefär lika höga eller något lägre än produktionskostnaderna för Lantmäteriverkets nuvarande KM10-höjdmodell, medan den nya höjdmodellens produktivitet är 2-3 gånger större än den gamla modellens enligt det första produktionsårets erfarenheter. Den högre produktiviteten beror på att den nya höjdmodellens produktionsprocess till en stor del är automatisk.

Samarbetsgruppen anser att både själva höjdmodellsproduktionen och samarbetet kring modellproduktionen har lyckats mycket väl. Samarbetsgruppen anser att det är viktigt att fortsätta tillämpningen av verksamhetsmönstret i både samarbetet och höjdmodellsproduktionen. Betydelsen av samarbetet framhävs vid planeringen av prioritetsordningen och tidtabellerna för höjdmodellens produktionsområden så, att höjdmodellen med tanke på användarna blir klar i optimal tid. Det systematiska samarbetet är viktigt i framtiden även för koordinering av laserskanningar som behövs för skogsbrukets behov och för höjdmodellsproduktionen.

Samarbetsgruppen föreslår att jord- och skogsbruksministeriet tillsätter en ny samarbetsgrupp för perioden 2009-2010. Inom ramen för samarbetet är det möjligt att beakta användarnas behov och deras ändringar i samband med produktionsplanerna och de tekniska definitionerna. Dessutom framhäver samarbetsgruppen att man i samarbete med olika ministerier, användare och forskningscentraler fortsätter att utveckla de metoder som anknyter till produktionen och användningen av det skapade materialet.

# Johdanto

## 1.1 Tausta

Maa- ja metsätalousministeriö asetti 9.6.2005 korkeusmallityöryhmän, jonka tehtävänä oli arvioida valtakunnallisen korkeusmallin uudistamistarpeet ja -vaihtoehdot, tehdä tarvittaessa ehdotuksia uusista menettelytavoista ja arvioida uusien menetelmien kustannukset sekä selvittää ja esittää menettelytavat, joilla korkeus- ja syvyystietojen yhteensopivuudesta huolehditaan.

Työryhmä sai työnsä valmiiksi keväällä 2006. Työryhmä ehdotti menettelytapaa, jossa nykyistä Maanmittauslaitoksen tuottamaa korkeusmallia tarkennettaisiin yhteistyössä laaditun suunnitelman pohjalta vaiheittain uusia valtakunnallisia vaatimuksia vastaavaksi.

Työryhmän suosituksissa uuden mallin tuotanto kohdistettaisiin aluksi ensisijaisesti tulvariskialueille. Maanmittauslaitoksen nykyisen mallin tuottaminen kohdistettaisiin siirtymävaiheessa alueille, joista uuden tarkemman mallin tuottaminen ei ole ensivaiheessa todennäköistä. Uusi malli olisi saatavissa pääosasta tiheään rakennettuja ja tulvavaara-alueita vuoteen 2013 mennessä ja lähes koko maasta vuoteen 2020 mennessä.

Korkeusmallityöryhmän suosituksissa alueelliset ympäristökeskukset, kunnat, tiehallinto, Maanmittauslaitos ja tarvittaessa muut toimijat velvoitettaisiin kehittämään alueellista yhteistyötä ja luomaan pelisäännöt paikallisten yhteistyöhankkeiden toteuttamiselle. Valtakunnallisen ja alueellisen korkeustietotuotannon ja yhteistoiminnan käytännön ohjaus ja koordinaatio keskitettäisiin Maanmittauslaitokseen. Yhteistyötä paikallisten ja alueellisten tiedonkeruuhankkeiden toteuttamisessa ja valtakunnallisten korkeusmallien tuottamisessa edistettäisiin laajapohjaisen yhteistyöryhmän avulla.

Korkeusmallityöryhmä määritteli uuden korkeusmallin pääasialliset tekniset vaatimukset ja suositeli tuotantomenetelmäksi laserkeilaukseen perustuvaa menetelmää. Maanmittauslaitoksessa toteutettiin vuosien 2006 -2007 aikana laaja testityö, jonka perusteella tehtiin korkeusmallin tekniset määrittelyt korkeusmallityöryhmän suositusten mukaisesti ja kehitettiin tuotantoprosessi.

Maa- ja metsätalousministeriö pyysi lausunnot työryhmän muistiosta laajalta joukolta alalla toimivia sekä julkisia että yksityisiä organisaatioita.

Lausunnoissa yleisesti tuettiin työryhmän esittämiä suunnitelmia valtakunnallisen korkeusmallin uudistamiseksi ja laserkeilauksen soveltamiseksi. Myös yhteistyön kehittäminen nähtiin tärkeäksi osa-alueeksi lähes kaikissa lausunnoissa. Aineistoa tuottavien yritysten ja metsäsektorin organisaatioiden lausunnoissa työryhmän esittämää aikataulua pidettiin liian hitaana. Kuntasektorin lausunnoissa todettiin lisäksi, että suunniteltu uusi valtakunnallinen malli ei riitä kattamaan kaikkia paikallisen toiminnan tarpeita.

Lausuntojen perusteella valtakunnallisen korkeusmallin uudistamiseen johtavaa työtä ja tiedonhankintaan liittyvän yhteistyön kehittämistä oli perusteltua jatkaa ja asettaa yhteistyöryhmä suunnittelemaan jatkotoimenpiteitä työryhmän esityksen mukaisesti.

Korkeusmallityöryhmä esitti, että maa- ja metsätalousministeriö, ympäristöministeriö, liikenne- ja viestintäministeriö, Maanmittauslaitos, Merenkululaitos, Suomen Ympäristökeskus, kuntien edustajat ja mahdolliset muut organisaatiot muodostavat säännöllisesti kokoontuvan yhteistyöryhmän, jonka johdolla valmistellaan tarkennettu suunnitelma valtakunnallista korkeusmallituotantoa ja alueellisia tietotarpeita tukevan tiedonkeruuyhteistyön toteuttamiseksi ja seurataan suunnitelman toteutumista. Työryhmä esitti, että koordinaatioryhmän kokoonkutsujana toimii maa- ja metsätalousministeriö.

Työryhmä esitti lisäksi, että tarkennettu suunnitelma viimeisteltäisiin vuoden 2007 loppuun mennessä. Suunnitelma sisältäisi:

- Kuvauksen yhteistyöstä ja sen tavoitteista sekä osapuolten rooleista ja vastuista
- Kuvauksen sovellettavasta menettelytavasta (tuotantomenetelmästä)
- Suunnitelman alueellisen tiedonhankinnan toteuttamisesta vuosille 2007-2020 alustavine kustannuksineen
- Liitteenä sovellettavat tekniset määrittelyt ja sopimusmallit
- Tiedottamissuunnitelman laajempaa verkostoa varten
- Yhteishankintaa koskevan sopimusluonnoksen, joka luo mallin yhteisten hankkeiden koordinaatiolle, teknisille määritelmille, vastuille ja rahoitukselle.

Tästä lähtökohdasta Maa- ja metsätalousministeriö asetti Korkeustieto-yhteistyöryhmän toimikaudelle 31.2.2007 - 31.12.2008.

## 1.2 Työryhmän tehtävä

Asettamiskirjeen mukaan työryhmän tehtävänä oli

- 1) Valmistella tarkennettu suunnitelma valtakunnallista korkeusmallituotantoa ja alueellisia tietotarpeita tukevan tiedonkeruuyhteistyön toteuttamiseksi korkeusmallityöryhmän esittämän rakenteen pohjalta vuoden 2007 loppuun mennessä.
- 2) Käynnistää suunnitelman toteuttaminen, seurata sen toteutumista ja raportoida yhteistoiminnan tuloksista ja kehittämistarpeista.

Tarkennettu suunnitelma oli työryhmän asettamiskirjeen mukaan viimeisteltävä vuoden 2007 loppuun mennessä. Suunnitelman tuli sisältää:

- Kuvauksen yhteistyöstä ja sen tavoitteista sekä osapuolten rooleista ja vastuista
- Kuvauksen sovellettavasta menettelytavasta (tuotantomenetelmästä)
- Suunnitelman alueellisen tiedonhankinnan toteuttamisesta vuosille 2007 -2020 alustavine kustannuksineen
- Liitteenä sovellettavat tekniset määrittelyt ja sopimusmallit
- Tiedottamissuunnitelman laajempaa verkostoa varten
- Yhteishankintaa koskevan sopimusluonnoksen, joka luo mallin yhteisten hankkeiden koordinaatiolle, teknisille määritelmille, vastuille ja rahoitukselle.

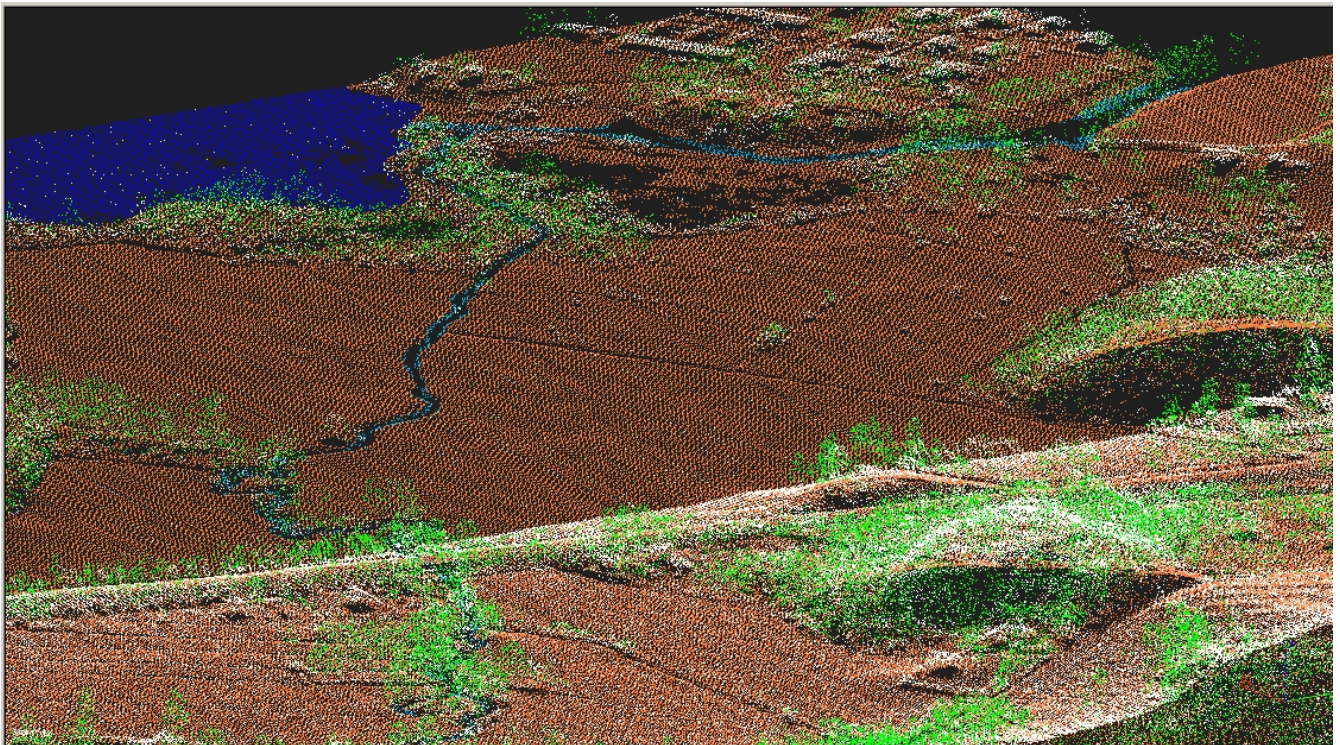
## 1.3 Työryhmän työskentelytapa

Maa- ja metsätalousministeriö asetti 13.2.2007 Korkeustieto-yhteistyöryhmän, jonka puheenjohtajana toimi ylitarkastaja Antti Vertanen maa- ja metsätalousministeriöstä ja varapuheenjohtajana vesiylitarkastaja Minna Hanski maa- ja metsätalousministeriöstä (varajäsen Ville Keskisarja). Työryhmän jäseninä olivat tietohuoltopäällikkö Juha Vuorimies ympäristöministeriöstä (varajäsen Väinö Malin), yksikön päällikkö Rainer Mustaniemi Merenkululaitoksesta (varajäsen Jyrki Mononen), paikkatietoasiantuntija Esko Hätälä (23.10.2007 alkaen Hannes Mäkinen) Tiehallinnosta (varajäsen Riitta Kaasalainen), paikkatietoasiantuntija Kirsi Valanne (17.9.2007 alkaen Juho Heikkilä)



Metsätalouden kehittämiskeskus Tapiosta (varajäsen Timo Makkonen), kehitysinsinööri Mikko Huokuna Suomen ympäristökeskuksesta, mittausinsinööri Kimmo Junttila Suomen Kuntaliitosta (varajäsen Matti Holopainen), palvelupääällikkö Mikko Eklund (31.10.2008 alkaen Ismo Minkkinen) Metsähallituksesta (varajäsen Mikko Viitala) ja osastonjohtaja Tapani Sarjakoski Geodeettisesta laitoksesta (varajäsen Juha Oksanen). Työryhmän sihteerinä toimi johtaja Juha Vilhomaa Maanmittauslaitoksesta (varajäsen Olli Sirkiä).

Työryhmä kokoontui 10 kertaa, laati toiminta- ja tiedotussuunnitelman, toteutti toimeksiannossa osoitetut korkeusmallituotannon suunnitteluun ja aloittamiseen liittyvät tehtävät sekä valmisti tämän muistion työnsä tuloksista.



Kuva 1. Luokiteltu laserkeilauspistepilvi Nummelta (MML).

## **2 Korkeustietojen keruun yhteistyö**

### **2.1 Yhteistyön yleiset tavoitteet**

Maa- ja metsätalousministeriön asettaman korkeusmallityöryhmän muistiossa (MMM:n julkaisu 2006:14) kuvattiin uuden valtakunnallisen korkeusmallin pääasialliset tarvisijat ja korkeusmallin käyttökohteet. Yhteistyöryhmän eräänä keskeisenä tavoitteena oli tiedottaa korkeusmallin tuotannon aloittamisesta mahdollisimman laajalti, jotta kaikki ne tahot jotka uusia korkeustietoja tai kerättävää laserkeilausaineistoa voivat hyödyntää, saisivat tiedon asiasta. Myös paikallisten korkeusmallihankkeiden toteuttamista helpottaa kun ne osataan ajoittaa valtakunnallisen korkeusmallituotannon kanssa oikein. Tätä silmällä pitäen yhteistyöryhmä laati toimintansa alkuvaiheissa



22.3.2007 viestintäsuunnitelman, joka muodosti rungon asioista tiedottamiselle, ja jota päivitettiin yhteistyöryhmän työn kuluessa.

Toinen keskeinen tavoite oli ottaa tuotantosuunnitelmien laatimisessa huomioon tiedon tarvitsijoiden aikataulutarpeet. Ympäristöviranomaisten tarpeet olivat korostetusti esillä, ja tuotantosuunnitelmat laadittiin pitkälti Suomen ympäristökeskuksen alueellisilta ympäristökeskuksilta kerääminen prioriteettitoiveiden pohjalta. EU:n tulvadirektiivin 2007/60/EC voimaantulolla oli tässä suuri merkitys.

Yhteistyöryhmän työn kanssa rinnakkain eteni Maanmittauslaitoksessa uuden korkeusmallin teknisten määritelmien ja tuotantoprosessin suunnittelu. Nämä määrittelyt tehtiin MMM:n korkeusmallityöryhmän suositusten pohjalta. Määrittelyjen luonnoksia käsiteltiin 7.6.2007 järjestetyssä laserkeilausseminaarissa ja työn etenemistä esiteltiin yhteistyöryhmän kokouksessa 17.9.2007.

## **2.2 Osapuolet ja niiden rooli**

Maanmittauslaitokselle valtakunnallisista maastotietoaineistoista vastaavana organisaationa tuli vastuulleen uusien valtakunnallisten korkeustietojen määrittely ja tuotantoprosessin suunnittelu sekä tuotannon toteutus. Suomen ympäristökeskus koordinoi alueellisten ympäristökeskusten korkeustietotarpeita ja näin aikaansaaduilla korkeustietojen valtakunnallisella priorisoinnilla oli määrävä merkitys tuotannon aloittamisen kohdentamisessa. Kohdentamisen suunnitteluun osallistuvat kaikki muutkin yhteistyöryhmän osapuolet. Maa - ja metsätalousministeriö koordinoi tuotannon rahoitusta, johon osallistui myös ympäristöministeriö. Kaikki osapuolet pyrkivät tiedottamaan tahoiltaan ja omille sidosryhmilleen uusista korkeustiedoista ja edistämään siten niiden tehokasta käyttöön ottoa. Erityisesti metsäsektorin kanssa pyrittiin löytämään mahdollisuuksia hyödyntää samoja laserkeilausaineistoja sekä korkeustietotuotantoon että metsätaloustalouteen. Tämän asian selvittely jatkuu edelleen.

Kunnat ovat korkeustietojen merkittävä käyttäjäryhmä. Uusi korkeusmalliaineisto (sekä luokiteltu pistepilvi että lopputuotteena syntyvä korkeusmalli) näyttää olevan kuntien kannalta hyvinkin käytökelpoista moneen eri tarkoitukseen. Ensimmäiset käyttökokemukset ovat olleet onnistuneita ja tuottaneet myönteistä palautetta. Kunnilla on tarpeita oman toimintaympäristönsä monipuoliseen mallintamiseen. Toistaiseksi kunnat ovat tilanneet omia laserkeilauksia vähän, koska kunnissa ei ole ollut osaamista uudesta ja nopeasti kehittyvästä tekniikasta. Toteutuneissa tilauksissa teknisten yksityiskohtien määrittely on usein jäänyt toimeksiannon saaneen konsultin tehtäväksi. Tämä on saattanut johtaa hankintaresurssien tehottomaan käyttöön. Kun uuden valtakunnallisen korkeusmallin kattavuus lisääntyy, myös kuntien kannattaa selvittää aineiston käytettävyyttä suhteessa omiin tarpeisiinsa.

Suurimmat kunnat ja kaupungit toimivat erilaisten paikallisten paikkatietoaineistojen tuottajina ja ylläpitäjinä. Näin syntyvillä aineistoilla on eräissä tapauksissa huomattava taloudellinen ja kaupallinen merkitys. Kunnat eivät rahoita valtakunnallisen korkeusmallin edellyttämää vuosittaista laserkeilaustyötä.

### **3 Korkeustietojen tuotantomenetelmä**

#### **3.1 Menetelmän kehittäminen**

Tuotantomenetelmäksi valittiin Maa- ja metsätalousministeriön asettaman korkeusmallityöryhmän suositusten ja Maanmittauslaitoksessa vuosien 2006 ja 2007 aikana tehdyn testityön perusteella laserkeilaukseen perustuva menetelmä.

Kun tuotannon aloittaminen varmistui yhteistyöryhmän aloittamisen myötä, Maanmittauslaitoksessa toteutettiin lisäksi seuraavat projektit:

#### **Korkeusmallin määrittelyprojekti**

Määrittelyprojekti perustettiin keväällä 2007. Sen tavoitteena oli tuottaa määrittelyt uuden valtakunnallisen korkeusmallin kohdemalliksi, tuotemalleiksi ja laatumalliksi. Määrittelyjen oli tarkoitus perustua MMM:n korkeusmallityöryhmän ja siitä saatujen palautteiden linjauksiin, aihepiiriin liittyviin kansainvälisiin standardeihin ja kansallisiin suosituksiin sekä edelle esitetyn testiprojektin tuloksiin. Koska korkeusmallityöryhmä oli jo tehnyt laajan kyselyn korkeustietojen tarpeista ja suunnitelmista, ja työryhmän muistiosta oli myös järjestetty laaja palautekysely, ei tässä vaiheessa enää pidetty tarpeellisena järjestää uusia kyselyjä. Määrittelyissä otettiin huomioon edellä mainituissa kyselyissä ja palautteissa saadut ajatukset mahdollisuuksien mukaan. Geodeettisen laitoksen asiantuntijoita konsultoitiin tiettyihin yksityiskohtiin liittyvissä kysymyksissä, kuten TIN-mallin tarpeellisuuteen ja siihen mahdollisesti liittyviin yleisiin formaatteihin liittyvissä asioissa.

Suunnitelmia esiteltiin laajemmalle sidosryhmäjoukolle 7.6.2007 järjestetyssä Korkeusmalliseminaarissa. Geodeettisen laitoksen laserpisteiden tarkkuustutkimusten ja Maanmittauslaitoksessa tehtyjen grid-mallin tarkkuusselvitysten perusteella todettiin olevan mahdollisuus päästä 2 metrin ruutukoon korkeusmallilla 30 senttimetrin korkeustarkkuuteen avoimilla ja yksiselitteisillä pinnoilla. Korkeusmallituotteet esitettiin tehtävän EUREF-FIN –koordinaatistossa ja N2000-korkeusjärjestelmässä, joten ne olisivat ensimmäiset valtakunnalliset paikkatietoaineistot jotka tuotettaisiin uusissa järjestelmissä.

Määrittelyprojekti valmistui lokakuussa 2007, ja sen tuloksena julkaistiin laserkeilauksen ja korkeusmallipisteiden sekä korkeusmallituotteiden määrittelyt (MML:n korkeusmallin määrittelyprojekti raportti 2007). Määrittelyihin ei tarvinnut tehdä mainittavia muutoksia siihen nähden, mitkä olivat olleet tavoitteina työtä aloitettaessa. Määrittelyt perustuvat käytännössä testiprojektin antamiin tuloksiin.

TIN-mallin tekemisestä budjettirahoitteisena standardituotteena luovuttiin, koska osoittautui, ettei TIN-mallille ole olemassa tarpeeksi yleistä formaattia, ja toisaalta valtakunnallisen mallin vaatima tiedostokoko olisi erittäin suuri. Siksi pääteltiin, ettei sitä kannata valmistaa budjettirahoitteisena vakiotuotteena ainakaan toistaiseksi.

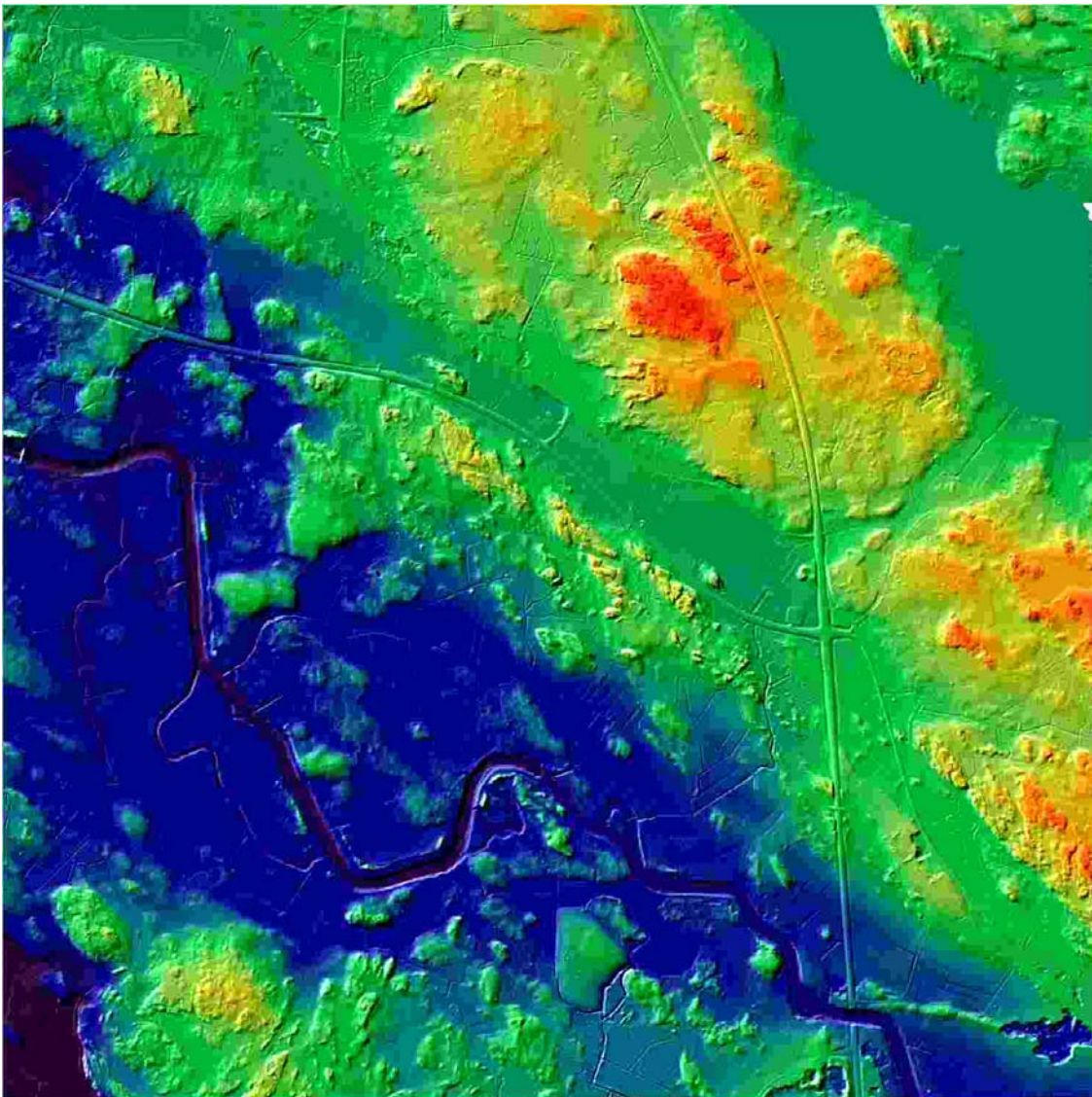
Määrittelyprojektissa määriteltiin myös laserkeilauksessa sovellettavat parametrit, formaatti ja metadatat. Valtakunnallisen korkeusmallin tuotantoa varten tehty määrittelyt voivat olla myös paikallisten korkeusmallihankkeiden määrittelyjen pohjana. Tekniset määrittelyt ovat tämän raportin liitteenä.

## Korkeusmallin välinekehitysprojekti

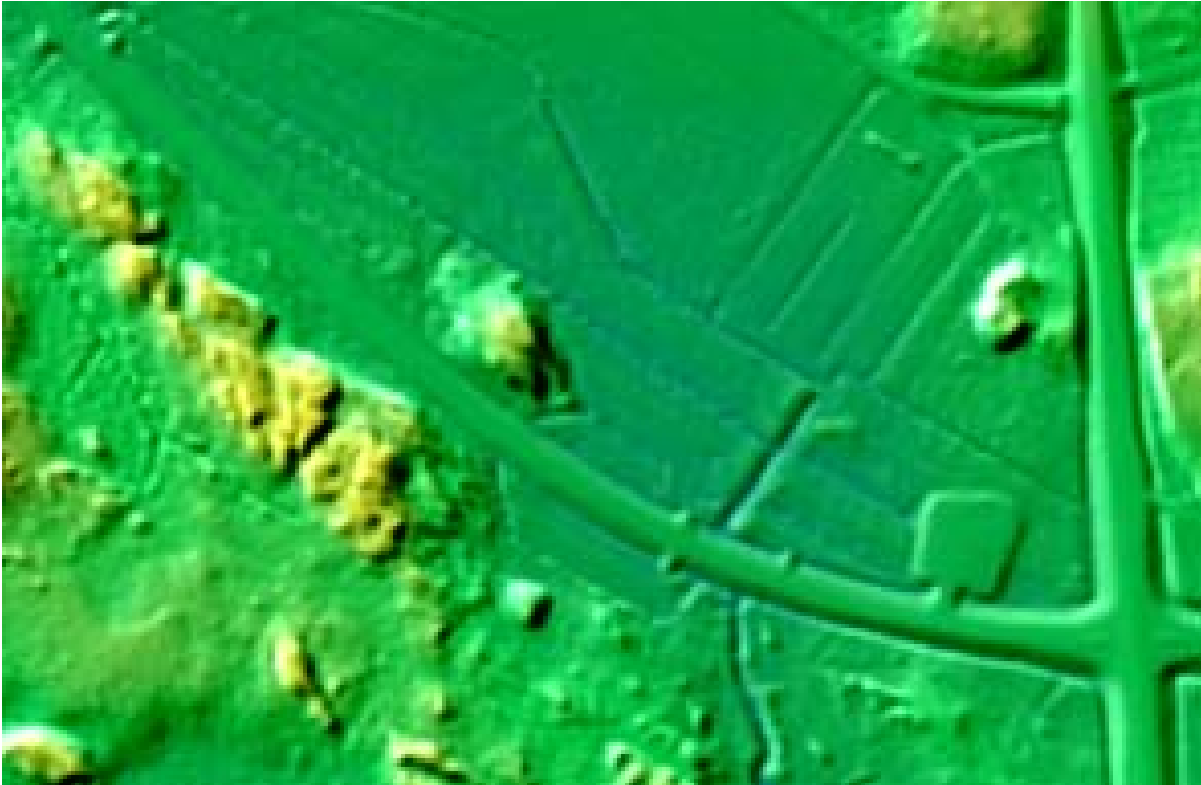
Välinekehitysprojekti perustettiin myös keväällä 2007. Sen tavoitteena oli tuottaa testiprojektin ja määrittelyprojektin tulosten perusteella Maanmittauslaitokseen tuotantojärjestelmä uuden valtakunnallisen korkeusmallin tuotantoa varten.

Välinekehitysprojekti suunnitteli ja toteutti tuotantoprosessin lisäksi tuotannossa tarvittavan tietojärjestelmän (ohjelmistot ja tietoteknisen laitteiston). Se sisälsi datan verkkojakelun Ilmakuvakeskuksesta maanmittaustoimistoihin, datan tallennuksen ja varmistukset, ja työskentelyssä tarvittavan työaseman laitteiston määrittelyyn.

Projekti myös toteutti kaikki tarvittavat koordinaatistojen ja korkeusjärjestelmien muunnokset käytettyihin ohjelmistoihin sekä määritteli metatietojen säilytysympäristöön, ilmakuvarekisteriin (IK-REK), tarvittavat kehittämiskohteet.



Kuva 2. Korkeusmallin värikoodattu vinovalovarjoste -havainnekuva (MML).



Kuva 3. Suurennos osasta kuvaa 2 (MML).

### **Korkeusmalliprosessin käyttöönottoprojekti**

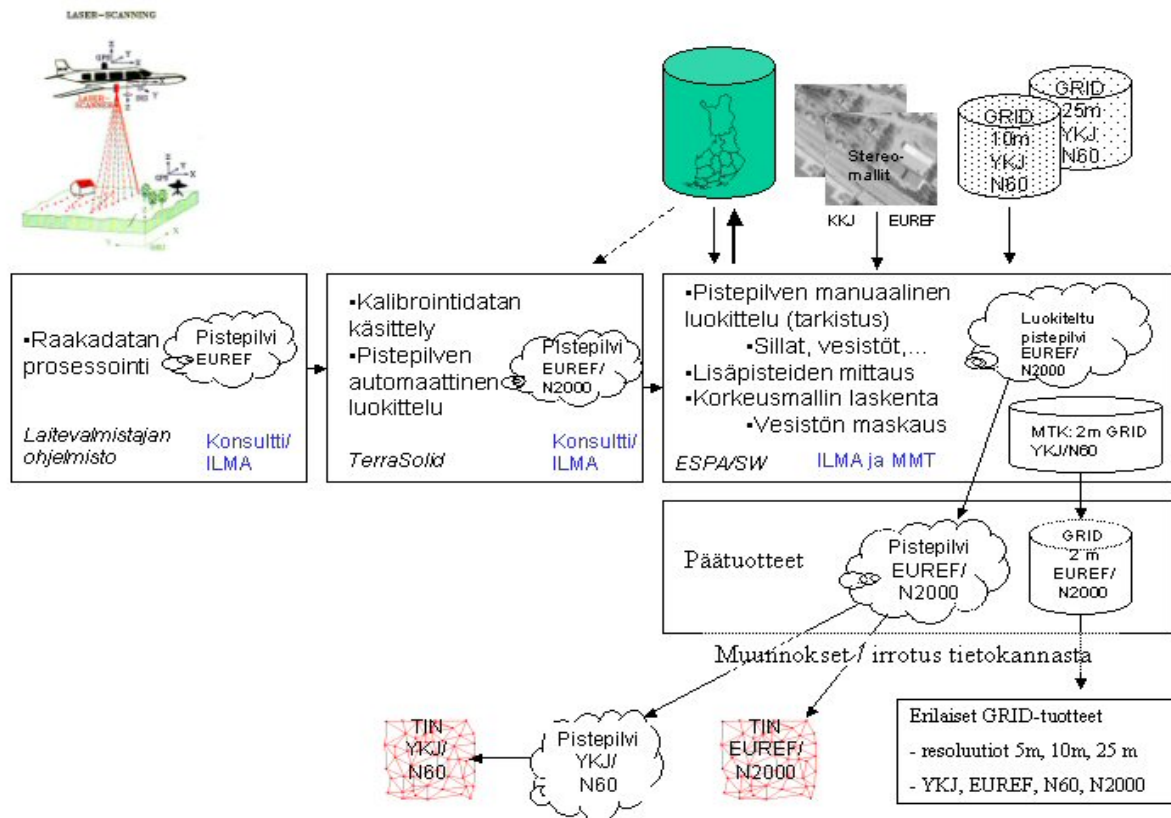
Helmikuussa 2008 aloitettiin viimeinen uuden korkeusmallituotannon käynnistämiseen liittyvä käyttöönottoprojekti. Sen tehtävä on tarvittava henkilökunnan koulutus sekä ilmakuvakeskuksessa että maanmittaustoimistoissa. Ilmakuvakeskuksen henkilökunnalle koulutettaviin asioihin kuuluvat kaikki, koko prosessissa tarvittavat osaamisalueet, kun taas maanmittaustoimistojen henkilöille annetaan varsinainen koulutus interaktiiviseen Espa-työhön, ja sen lisäksi yleiskuva laserkeilauksesta. Koulutettavat henkilöt ovat normaalistikin maastotietotuotannossa työskenteleviä henkilöitä. Espa-työympäristön, -prosessin ja -ohjelmiston kehittäminen jatkui koko vuoden 2008 ajan.

Käyttöönottoprojektin vastuulle jäivät lisäksi mm. työohjeiden laatiminen korkeusreferenssimittausten tekemistä varten. Myös näiden mittausten suorittaminen kuuluu paikallisen maanmittaustoimiston vastuulle.

Lisäksi käyttöönottoprojektin vastuulle jäi atk-laiteympäristön toteutuksen viimeistely joltain osin ja datan jakelun ja varmistusten toimintamallinen toteutus, sekä väliaikaista metatietojen säilytystä varten valmisteltavat excel-taulukkopohjat, jonne tiedot tallennetaan. Tiedot ladataan myöhemmin excel-taulukosta ilmakuvarekisterin tietokantaan jota kehitetään tätä tarvetta varten.

## 3.2 Menetelmän kuvaus

Prosessi on pääpiirteittäin kuvattu seuraavassa kaaviokuvassa.



Kuva 4. MML:n korkeusmallin Laser-välinekehitysprojektissa suunniteltu tuotantoprosessi (MML).

## 3.3 Menetelmän kustannukset

Tarjouskilpailussa saatujen laserkeilaustarjousten hinta vaihteli noin 43 - 50 euroa neliökilometriä kohti. Kun Maanmittauslaitoksessa tehtiin laserkeilausta "omana työnä" keväällä 2008, saatiin sen perusteella laserkeilauksen kustannukseksi 37 euroa / neliökilometri. Keilausten lisäksi korkeusmallin tuotantokustannuksiin on laskettava aineiston laadunvalvonnasta, pisteaineiston käsittelystä ja maanpintaluokittelusta sekä varsinaisen korkeusmallin muodostamisesta kertyvät kustannukset. Vuoden 2008 aikana tehdyn tuotannon perusteella näiden osuus on ollut noin 26 euroa / neliökilometri. Valmiin korkeusmallin tuotannon yksikkökustannuksiksi saatiin siis noin 72 euroa / neliökilometri. Sivutuotteena syntyy luokiteltu laserpisteaineisto jota voidaan käyttää muiden tuotteiden valmistukseen.

Kustannukset ovat samaa suuruusluokkaa tai hiivenen halvemmat kuin MML:n KM10-korkeusmallin tuotantokustannukset. Tuottavuus sen sijaan on 2-3 kertainen KM10-korkeusmallin tuottavuuteen verrattuna ensimmäisen tuotantovuoden kokemusten perusteella. Parempi tuottavuus johtuu siitä että uuden korkeusmallin tuotannossa on suuri osa työvaiheista automatisoitu.

## 4 Tuotannon suunnittelu

### 4.1 Korkeustietojen käyttäjien tarpeet

Tuotannon suunnittelun ja sen suuntaamisen lähtökohtana ovat olleet korkeustietojen käyttäjien tarpeet. Seuraavassa on kuvattu eräitä korkeusmallituotantoon liittyviä korkeustietojen käyttäjien odotuksia.

#### **Suomen ympäristökeskus ja alueelliset ympäristökeskukset**

Suomen ympäristökeskus (SYKE) on tutkimus- ja asiantuntijalaitos, joka tutkii ympäristön muutoksiin liittyviä ilmiöitä ja kehittää ratkaisuja muutosten hallintaan sekä tarjoaa monipuolisia asiantuntijapalveluja pääasiassa eri hallinnon alojen, teollisuuden, kuntien, yritysten ja yhteisöjen käyttöön. Alueelliset ympäristökeskukset huolehtivat toimialueellaan ympäristön suojelusta, alueiden käytöstä ja rakentamisen ohjauksesta, luonnonsuojelusta ja kulttuuriympäristön hoidosta sekä vesivarojen käytöstä ja hoidosta. Sekä SYKE että alueelliset ympäristökeskukset kuuluvat ympäristöministeriön hallinnonalaan.

Geoinformatiikka on keskeisessä osassa ympäristötiedon käsittelyssä ja hallinnassa; seurannassa ja tutkimuksessa. SYKE ylläpitää ympäristöhallinnon hankkimia ja tuottamia paikkatieto-aineistoja sekä kehittää paikkatietoaineistoja, -tekniikoita ja -järjestelmiä sekä kaukokartoitusmenetelmiä, joiden avulla luontoa ja rakennettua ympäristöä voidaan tutkia ja analysoida monipuolisesti

Ympäristöhallinnon keskeisimpiä tehtäviä on mm. vastata vesivarojen käytöstä ja hoidosta sekä tulvasuojelun ja -torjuntaan liittyvistä asiantuntija-, viranomais- ja kehittämistehtävistä. SYKEä ja alueellisia ympäristökeskuksia ohjaa näissä tehtävissä maa- ja metsätalousministeriö. SYKEssä kehitetään mm. tulvakartoitusmenetelmiä. Alueelliset ympäristökeskukset vastaavat tulvariskialueille tehtävien tulvavaarakarttojen laadinnasta.

Tulvavaarakartoituksella mallinnetaan toistuvuusajaltaan erisuuruisia tulvatilanteita - myös vaaran aste, yleensä vesisyvyys, saadaan määritettyä. Toistuvuusaika tarkoittaa sen ajanjakson pituutta, mikä keskimäärin kuluu, ennen kuin tietyn suuruinen tai sitä suurempi tulva esiintyy uudelleen. Tulvavaarakarttoja käytetään apuna maankäytön ja pelastustoiminnan suunnittelussa, tulvariskikartoitusten laatimisessa ja tiedottamisessa (lisätietoja [www.ymparisto.fi/tulvakartat](http://www.ymparisto.fi/tulvakartat)).

Tulvavaarakartoituksen tarkkuus riippuu oleellisesti käytössä olevan maanpinnan korkeusmallin tarkkuudesta. Tarvittavat tulvasuojelu- ja torjuntatoimet suunnitellaan tulvavaarakarttojen tarjoaman tiedon pohjalta, joten lähtötietojen tarkkuus ja luotettavuus ovat etenkin alavilla alueilla erityisen merkityksellisiä. Mitä tarkempia lähtötietoina käytetyt korkeustiedot ovat, sitä luotettavampia tulvaennusteita ja riskikartoituksia voidaan laatia. Tarkan korkeusmallin tuottaminen on ollut kallein osa tulvavaarakartoitusta. Kustannuksista onkin voitu tinkiä käyttämällä karkeampaa korkeusmallia. Laserkeilaamalla tuotettava uusi valtakunnallinen korkeusmalli luokin nyt erinomainen pohjan tulvavaarakartoitukseen. Myös jo laaditut tulvavaarakartoitukset voidaan päivittää helposti uudella mallilla.

Marraskuussa 2007 voimaan tullut EU:n direktiivi tulvariskien arvioinnista ja hallinnasta velvoittaa yhteisön jäsenmaat laatimaan tulvavaara- ja tulvariskikartat merkittävälle tulvariskialueille. Direktiivin toimeenpanoon liittyvien tulvakarttojen laadinta on parhaillaan käynnissä.

Korkeusmallia käytetään ympäristöhallinnossa myös valuma-alueiden ja virtausreittien mallinnuksessa, Vesistömallijärjestelmän vesistö- ja tulvaennusteissa sekä eroosio- ja ravinnehuuhtoutusmallinnuksessa. Kaukokartoituksessa korkeusmallia käytetään etenkin satelliittikuvien topografiakorjauksiin ja orto-oikaisuun, joissa vaaditaan korkeusmallilta erityisen suurta tarkkuutta. Korke-



usmalli toimii apuna myös luonto- ja maankäyttötyyppien tulkinnessa ja paikantamisessa (mm. tunturiluokkien, vesien ja soiden tulkinta sekä rinnesoiden ja harju- ja kallioympäristöjen paahderinteiden paikantaminen). Lisäksi korkeusmallia käytetään tausta-aineistona esim. vinovalvarjoasteina visualisointiin ja kohteiden rajaamiseen.

Uutta valtakunnallista korkeusmallia voidaan myös käyttää useissa sovelluksissa, joihin aikaisemmat valtakunnalliset korkeusmallit eivät ole olleet riittävän tarkkoja. Mainittakoon näistä patojen vahingonvaaraselvitykset, hulevesimallinnus (rankkasadetulvat) sekä tulvadirektiivin edellyttämätulvariskien alustava arviointi sisältäen myös tulvatasanteiden tunnistamisen. Uusi korkeusmalli palvelee myös valuma-aluejaon uudistamista ja tähän liittyviä sovelluksia (esim. mielivaltaisen pisteen valuma-alueen määrittäminen). Edellytyksenä tosin on, että korkeusmallia on saatavilla koko valuma-alueelta.

Uusi valtakunnallinen korkeusmalli palvelee myös useita muita tulvariskien hallintaan liittyviä tehtäviä: kiinteistökohtaisen vahinkoarvion laatiminen, erityiskohteiden korkeustasojen määrittäminen sekä järvien varastokapasiteetin arvioiminen ja vahinkoarvio (vedenkorkeus-vahinko -käyrä). Korkeusmallia voidaan hyödyntää myös peltoviljelykuormituksen laskennassa ja kosteikkopaikkojen tunnistamisessa esim. SYKEN Vesistömallijärjestelmän vedenlaatumallin yhteydessä. Kuormitus on vahvasti riippuvainen peltojen kaltevuudesta. Vedenlaatumallilla pystytään selvittämään, paljonko kosteikoilla voidaan vähentää fosforikuormaa vesiin.

## **Kunnat**

Kunnilla on odotuksia sopimusmallille ja sen mukaiselle menettelytavalle, jossa kunta voi lisärahoituksellaan tilata alueeltaan korvaavan tai lisäkeilauksen suhteessa samalla alueella tapahtuvaan valtakunnalliseen korkeusmallikeilaukseen. Jos menettelytavaksi muotoutuu lisäkeilaus matalamalta korkeudelta, tulisi syntyvän aineiston hyödyntäminen pääaineiston laadunvalvonnassa huomioida hintaa alentavana tai aiheutuneita lisäkuluja kompensoivana tekijänä. Kuntien tarpeita ajatellen korkeusmalliaineiston tilaaminen Maanmittauslaitokselta kunnan käyttöön pitää olla helppoa ja aineiston käyttöluopaoikeuden pitää mahdollistaa aineiston laajan hyödyntämisen.

## **Ilmailuhallinto**

Ilmailuhallinnolle on tullut tarve saada aikaan maastomallit liikennelentokenttien lähialueilta vähintään 10 kilometrin säteeltä ja enimmillään jopa 45 kilometrin säteeltä. Tarve perustuu ICAO:n päätökseen, jonka mukaan aineistot tulisi olla valmiina pian 2010-luvun jälkeen. Valtakunnallinen laserkeilausaineisto on osoittautunut hyvin sopivaksi tähän tarpeeseen ja Finavia ICAO:n päätöksen toimeenpanijana Suomessa on osallistunut valtakunnallisten korkeustietojen keruun rahoittamiseen vuonna 2008 nopeuttaakseen aineistojen keruuta tähän tarkoitukseen.

## **Metsätalous**

Metsätaloudessa uusi korkeusmalli parantaa laatua ja tehostaa useita metsäsuunnitteluprosesseja. Lisäksi tarkempi ja pienipiirteisempi tieto maaston muodoista luo edellytyksiä myös uuden tyyppisille paikkatietoanalyysille.

Metsätalouden vesiensuojelussa tulee arvioida metsätaloustoimenpiteistä aiheutuvaa eroosioriskiä sekä havainnollistaa riskin muodostumiseen vaikuttavat valuma-alueen ominaisuudet (Kansallinen metsäohjelma 2015). Tarkan korkeusmallin perusteella tuotetaan parempaa tietoa valuma-alueista, eroosioherkistä uomista ja uomaverkostoista. Kun eroosion syntyy ja kulkeutumiseen vaikuttavat tärkeimmät kohdekohtaiset ominaisuudet tunnetaan, voidaan vesiensuojelu suunnitella ja toteuttaa kustannustehokkaasti.

Metsätalouden hajakuormitusta aiheuttavat eniten kunnostusojitukset, maanmuokkaus ja lannoitus. Suuri osa valumavesistä ja sen kuljettamasta kuormituksesta virtaa tiettyjen paikkojen kautta vesistöihin. Yksityiskohtainen maaston korkeustieto edesauttaa mm. kunnostusojitusten ja vesisuojelu-



rakenteiden sekä hakkuiden ja maanmuokkausten suojavaohyökköiden entistä tehokkaampaa suunnittelua.

Elinympäristöjen ja lajien suojelussa toiminta tulee suunnata kustannustehokkaasti (METSO II). Luonnonhoidon suunnittelussa paikkatietoanalyysä voidaan hyödyntää kohteiden tunnistamiseen ja arvottamiseen luontotyyhin rakennepiirteiden tai tietyn lajin elinympäristövaatimusten mukaan. Näin ollen tarkka tieto maastonmuodoista parantaa myös luonnonhoidon suunnittelun laatua.

Metsäsuunnittelun tavoitteena on edistää maisema-arvot säilyttävää ja maisemaa parantavaa metsien käsittelyä. Korkeusmallia hyödynnetään maisema-analyysissä, joissa tunnistetaan ne alueet maisemassa, johon metsien käsittelyllä on vaikutusta sekä havainnollistetaan eri metsäkäsittelyvaihtoehtojen vaikutus maisemaan.

Uuden laserperusteisen korkeusmallin käyttökohteena metsätaloudessa on myös laajasti käytössä olevien ilmakuvien entistä tarkempi orto-oikaisu karttakoordinaatistoon. Tarkkaan oikaistuja ilmakuvia tarvitaan erityisesti kaukokartoitusperusteisessa metsien inventoinnissa ja muutostulkinnassa.

## **Tiehallinto**

Tiehallinnolla kokemuksia laserkeilausaineistosta ei ole toistaiseksi paljon, koska tiehankkeita joissa keilausaineistoa voi hyödyntää, on osunut keilausalueille vasta vähän. Tietävästi aineistoa on hyödynnetty parissa hankkeessa. Kysymyksessä ovat olleet yleissuunnitelmat joihin on tehty suunnittelun pohjakartta ja likimääräinen maastomalli. Kartta ja likimalli on tehty MML:n 1:16 000 ilmakuvauksesta ja laserkeilausaineistosta. Keilausaineistolla on saatu parannettua huomattavasti likimallin tarkkuutta varsinkin peitteisillä alueilla ja myös pohjakartan korkeuskäyrien laadinnassa keilausaineistosta on ollut suuri apu. Tosin keilauksen tarkkuudesta peitteisillä alueilla Tiehallinnolla ei ole tarkkaa tietoa ja se Tiehallintoa jatkossa kiinnostaisikin. Muodostuneen käsityksen mukaan keilaukset lehdettömänä aikana palvelevat tiehallintoa parhaiten. Todennäköisesti myös melulaskennoissa tarvittavan mallin tarkkuuteen laserkeilausaineistosta saadaan jatkossa selvää parannusta.

## **Merenkulkulaitos**

Merenkulkulaitos ei tällä hetkellä suoraan hyödynnä valtakunnallista korkeusmallia omassa toiminnassaan ja tuotteillaan. Merikartoilla esitetään maa-alueiden osalta korkeussuhteet MML:n tuotilla korkeuskäyrillä. Tähän käyttöön nykyisen korkeuskäyräaineiston tarkkuus on ollut riittävä. Uudelle tarkemmalle korkeusmallille ja siitä johdettavalle korkeuskäyräaineistolle merikarttojen tarpeet eivät aseta lisävaatimuksia.

Merikartoituksen rooli valtakunnallisen korkeusmallin luomisessa on syvyystietojen hankkiminen erityisesti kauppamerenkulun käyttämillä merialueilta ja sisävesialueilta sekä tietyiltä muilta navigointiin soveltuvilta vesialuilta. Merikartoitusohjelma 2008 - 2018, (Merenkulkulaitoksen julkaisuja 5/2008) sisältää tiedot mitattavista alueista sekä merenmittausten suunnitelluista prioriteeteista vuoteen 2018 saakka.

## **4.2 Tuotantosuunnitelman laatimisperiaatteet**

Tuotantoalueiden prioriteettijärjestys ja likimääräinen aluerajaus suunniteltiin Korkeustieto- yhteistyöryhmässä ottaen huomioon erilaiset tietoon saadut korkeustietojen käyttäjien tarpeet. Lisäksi otettiin huomioon tuotantoalueiden koko- ja muotovaatimukset tuotannon taloudellisuuden optimoimiseksi. Tuotantoalueiden rajauksessa pyritään noudattelemaan karttalehtijakoa ottaen kuitenkin huomioon korkeustietojen käyttäjine tarpeet siten, että tuotantoalueita mahdollisuuksien

mukaan laajennetaan näiden tarpeiden mukaan. Vuosittain toteutettavien tuotantoalueiden määrä ratkeaa sen mukaan, mikä on tuotantoa varten saatavan rahoituksen määrä.

Tuotannon kustannuksista suurin osa menee ulkopuolisille palveluntarjoajille, joten tuotannon määrää voidaan muuttaa nopeastikin rahoitustilanteen mukaan. Jos keilauspalvelut hankitaan ostopalveluna, rahoitusta käytetään palvelujen ostoon, jos taas keilausta tehdään Maanmittauslaitoksen omana työnä, rahoituksesta suurin osa menee lentämisen rahoittamiseen. Kummassakin vaihtoehdossa vuosittaisia tuotantomääriä voidaan kasvattaa vuoden 2008 määrästä merkittävästi, mikäli se nähdään tarkoituksenmukaiseksi ja tarvittava rahoitus saadaan.

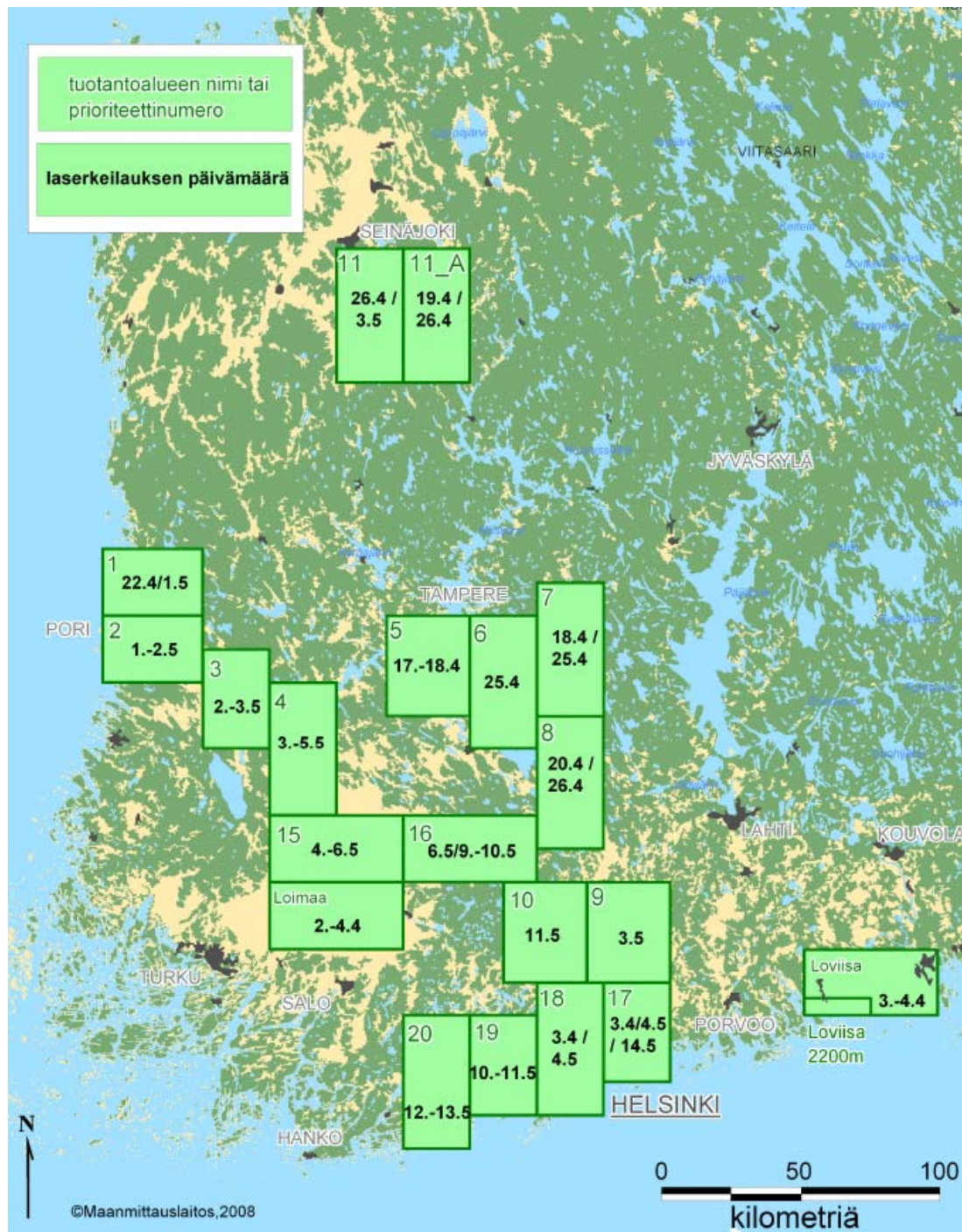
Tuotannon suunnittelussa otetaan huomioon myös Maanmittauslaitoksen suunnitelmat korkeusmalli-10:n (KM10) ja maastotietojen ajantasaistuksen suhteen. Maanmittauslaitoksen toiminta- ja taloussuunnitelman 2010 - 2013 mukaan MML tuottaa nykyisistä korkeuskäyristä laskennollisen koko valtakunnan kattavan KM10-mallin nopeassa aikataulussa. Fotogrammetrisesti tuotettavien KM10-alueidenkin tuotantoprosessia kevennetään ja tuotantomäärä supistuu siten että KM10-mallin tuotanto päättyy vuoteen 2013 mennessä.

Koska ainakaan tuotannon alkuvuosina ei lähinnä kustannussyistä tehdä ilmakuvasta samalla kun tehdään laserkeilaus, on laserkeilausalueiden suunnittelussa otettava huomioon olemassa olevat tai keilausvuoden aikana tehtävät alueelliset ilmakuvaukset. Tavoitteena on, että keilausalueelta löytyy enintään noin 3 vuoden ikäinen ilmakuvaukset, jonka stereomallit ovat käytettävissä korkeusmalliprosessissa. Tuotantoalueet suunnitellaan TM35FIN-järjestelmässä siten, että alueiden muoto seuraa 1:50 000-karttalehtijakoa (24 x 48 km), ja pienin suunniteltava yksikkö on yleensä 6x6 km kokoinen karttalehti. Tuotannon yksikkökustannukset ovat optimaaliset kun tuotantoalueiden koko mitoitetaan riittävän suureksi ja muodoltaan kompaktiksi.

Konkreettisina suunnitteluvaiheen tehtävinä tulevat mukaan keilauslentojen suunnittelu ja tarvittavien tukipiste – ja korkeusreferenssimittausten suunnittelu. Keilauslentojen parametrit on kiinnitetty etukäteen. Tärkeimmät parametrit on kuvattu edellä laser-määrittelyprojektin tulosten yhteydessä.

### **4.3 Vuoden 2008 tuotanto**

Kuvasta 5 ilmenevät vuonna 2008 keilatut alueet, yhteensä runsaat 21 000 km<sup>2</sup>. Ensimmäiset valmiit korkeusmallit (kokonainen tuotantoalue, numero 1) valmistuivat 28.10.2008. Tavoitteena on, että kaikkien alueiden korkeusmallit ovat valmiit viimeistään syksyyn 2009 mennessä, jolloin alkaa vuoden 2009 keilausalueiden prosessointi.

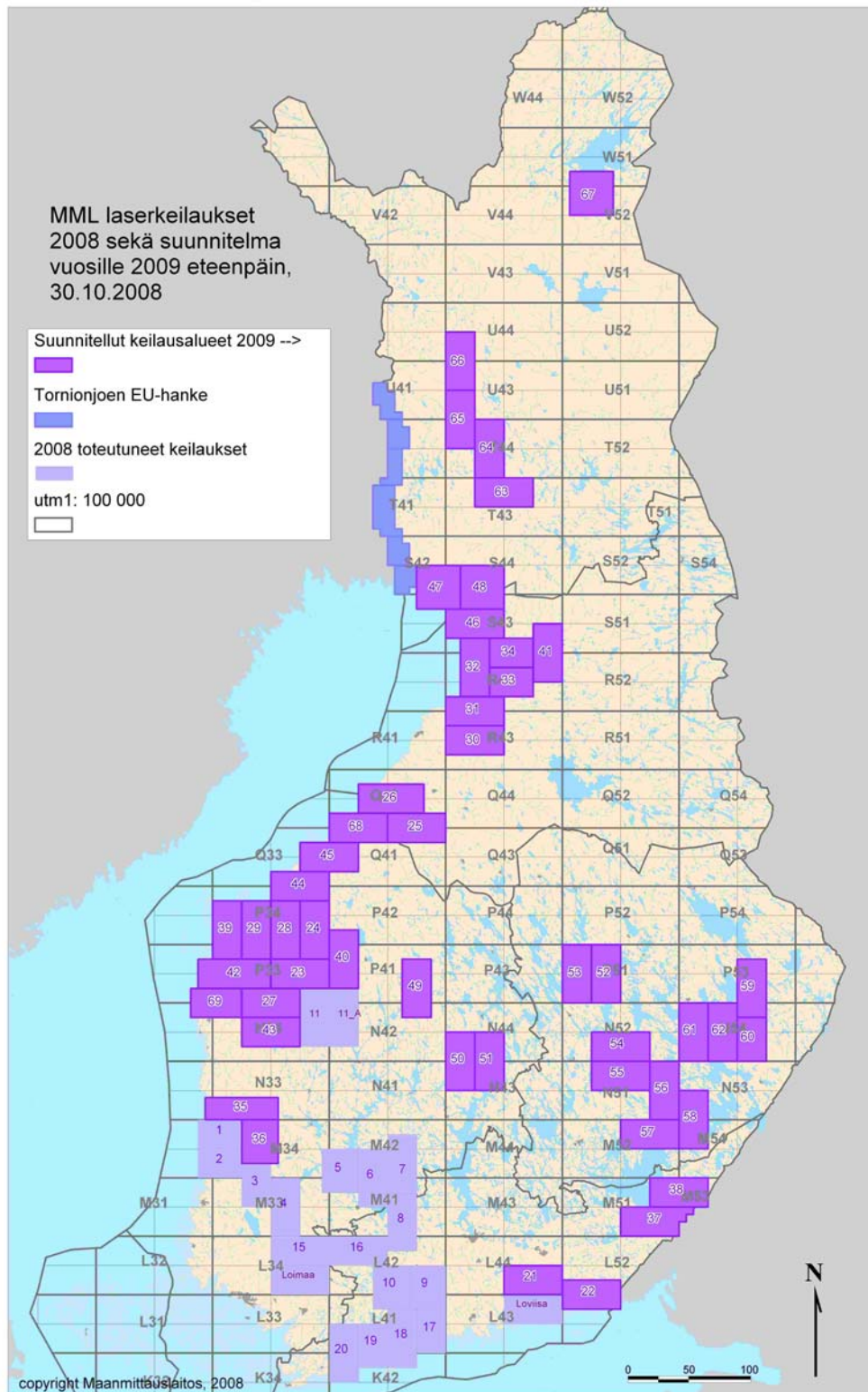


Kuva 5. Vuoden 2008 toteutuneet laserkeilausalueet keilauspäivämäärineen (MML).

#### 4.4 Tuotantosuunnitelma 2009 - 2011

Kuvasta 6 ilmenee MMM:n korkeustietoyhteistyöryhmän koostama tuotantosuunnitelma. Tuotantoalueet on numeroitu juoksevasti numeroista 21 eteenpäin (alueet 1- 20 keilattiin vuonna 2008). Suunnitelmaa päivitetään vuosittain, esiin nousseiden tarpeiden ja käyttöön saatavan rahoituksen

mukaisesti. Mikäli tuotantoa varten käytettävissä oleva rahoitus säilyy vuoden 2008 tasolla eivätkä laserkeilauskustannukset merkittävästi nouse, saataneen kaikki kuvan 6 kartalla esitetyt alueet tuotettua vuosien 2009 - 2011 aikana.



Kuva 6. Tuotantosuunnitelma 2009 - 2011.



## 4.5 Tuotantosuunnitelma 2012 - 2020

Suunnitelman mukaan asutut tulvaherkät alueet tulevat katettua vuoteen 2012 mennessä. Vuosina 2009 - 2010 tehtävässä tulvariskien alustavassa arvioinnissa voi ilmetä uusia alueita, joilta tarvitaan tarkempi korkeusmalli. Sen jälkeen tuotanto painottuu rannikkoalueille ja täydentämään vuosien 2008 - 2011 aikana tehtyjä alueita niin, että aletaan saavuttamaan valtakunnallista kattavuutta. Yhtenä keilausalueiden priorisointimahdollisuutena on esitetty valtakunnallisen valuma-aluejaon uudistamisen tarpeita, jolloin uudet keilaukset kohdistettaisiin päävesistöalueittain tunnistettuihin aiempien keilausten aukko paikkoihin. Lisäksi tässä vaiheessa otetaan huomioon entistä enemmän myös paikallisia, mm. kuntien tarpeita tuotannon suuntaamisessa.

Yhteistyötä metsäsektorin kanssa laserkeilausaineiston hankinnassa tiivistetään. Esimerkiksi yksityismetsien uusi laserperusteinen inventointi on siirtymäkauden jälkeen (2012 - 13) täydessä laajuudessaan (15 000 km<sup>2</sup>/v) ja korkeusmallituotannon painopiste siirtyy enemmän myös metsäsektoria kiinnostaville alueille.

Milloin uudella korkeusmallilla saavutetaan valtakunnallinen kattavuus, riippuu kustannusten ja rahoituksen kehittymisestä ja edellä mainitun metsäalan kanssa tehtävän yhteistyön onnistumisesta. Tavoitteena voi pitää valtakunnallista kattavuutta vuoteen 2020 mennessä.

## 5 Ensimmäisen tuotantovuoden kokemukset

### 5.1 Laserkeilauspalvelujen kilpailutus

Ensimmäisenä vuoden 2008 tuotantoon kuuluvana tehtävänä toteutettiin laserkeilauspalvelujen kilpailutus. Tarjouspyynnön laatimista varten Maanmittauslaitoksessa nimettiin hankintatiimi, ja se käytti konsulttinaan valtion hankintayhtiö Hansel Oy:tä. Hankinnan arvo ylitti 1.6.2007 voimaan tulleessa julkisia hankintoja säätelevässä hankintalaissa asetetun kynnyksarvon, ja hankinta oli siten kilpailutettava EU:n laajuisesti. Tarjouspyyntö julkaistiin marraskuun lopussa 2007.

Tarjouspyynnön laatimisen perustan muodostivat edellä kuvatussa määrittelyprojektissa tehdyt keilauksen tekniset määrittelyt ja testiprojektissa saadut kokemukset, joiden perusteella kirjoitettiin kohteena olevan hankinnan palvelunkuvaus.

Tarjoukset saatiin Centroid Sito Oy:ltä, FM-International Oy:lta sekä Blom Kartta Oy:ltä. Tarjoukset arvioitiin kilpailutukseen asetettujen perusteiden pohjalta ja 1+1 vuotinen sopimus tehtiin FM-International Oy:n sekä Blom Kartta Oy:n kanssa. Laserkeilaussopimus oli tehtävä kahden toimitajan kanssa, koska kumpikin tarjoutui tekemään vain noin puolet tarvittavasta kokonaispinta-alasta.

Hankintaprosessin pituus on käytännössä vähintään kolmisen kuukautta, jonka jälkeen valituilla laserkeilaajilla on oltava vähintään kuukauden verran aikaa laserkeilauksen mobilisointiin. Koska keilausten optimaalinen ajankohta normaalivuonna alkaa huhtikuun alussa, on keilausalueiden oltava tiedossa hyvissä ajoin keilausta edeltävänä syksynä. Tarjouspyyntöön tuli mukaan vain valtakunnalliseen tarpeeseen tehtäviä laserkeilauksia, koska syksyllä 2007 ei ollut tiedossa yhtään aluetta jolle olisi tarvittu paikallista laserkeilausta.

Lisäksi päädyttiin siihen, että ilmakuvakeskukseen vuokrataan laserkeilain keväällä 2008. Tavoitteena oli hankkia lisää omia kokemuksia tuotannosta, ja saada tarkempi kuva tuotannon todellisista kustannuksista. Ennen tarjouspyynnön julkaisemista arvio oli, että keilaustarjouksia saataisiin

vain 2-3 kpl, ja siksi pidettiin tärkeänä saada tietoa todellisista tuotantokustannuksista myös oman työn kokemusten avulla.

Mikään tarjouksen jättäneistä yrityksistä ei tarjoutunut tekemään kovin suurta määrää keilauksia, vaan kunkin maksimimäärä oli 9000 – 11 000 neliökilometriä. Yritysten tarjoama hinta korreloi vain vähän tai ei lainkaan tarjotun kokonaispinta-alan kanssa, vaikka hinnoittelu pyydettiin eri laajuisille pinta-aloille suuruusluokissa 3000 – 10 000 neliökilometriä. Eri tarjouksissa saadut aineistojen toimitusajat eivät poikenneet toisistaan kovinkaan paljon. Hintaaerot olivat enintään 15 prosentin luokkaa.

Ensimmäisen tarjouskierroksen perusteella voidaan päätellä, että koko Suomen laserkeilaaminen hyvin nopeassa aikataulussa ostopalveluna ei tulisi kustannuksiltaan sen edullisemmaksi kuin pittemässäkään (noin 10 - 15 vuoden) aikataulussa, ainakaan jos tuotanto perustuu ostopalveluihin. Tällä tarjouskierroksella yrityksillä ei edes ollut valmiuksia tarjota kovin suuria pinta-aloja vuosittain. Toisaalta ensimmäisellä tarjouskierroksella tarjoajilla ei ollut kokemusta näin suurten projektien läpi viennistä ja niiden käytössä oleva kapasiteettikin oli rajallinen. Jatkossa tilanne voi muuttua jos kapasiteettia tulee lisää ja palvelun tarjoajien kokemus lisääntyy.

Saadut tarjoukset olivat hyvin vertailukelpoisia, mihin suoritetuilla testeillä ja hyvin valmistellulla tarjouspyynnöllä oli suuri merkitys. Testityön perusteella tarjouspyynnössä osattiin asettaa keilausparametrit ja muut vaatimukset realistisiksi ja määritellä niiden avulla haluttu palvelu ja halutut aineistot yksikäsitteisesti.

Kilpailutuksen yhteydessä tuotettu tarjouspyyntö ja keilaussopimukset voivat toimia malleina myös paikallisten laserkeilauspalvelujen hankinnassa soveltuvien osin.

Jatkossa kilpailutuksen tuloksiin ja keilausten markkinahintoihin vaikuttanevat edellä mainittujen seikkojen lisäksi markkinatilanteen kehittyminen muuten. Esimerkiksi Ruotsissa on tarkoitus aloittaa valtakunnallinen laserkeilaukseen perustuva korkeusmallituotanto vuonna 2009. Korkeusmallin suunnitellaan valmistuvaksi vuoteen 2015 mennessä siten, että laserkeilaukset koko valtakunnan alueelta tehty vuoteen 2013 mennessä. Riippuu käyttöön saatavasta rahoituksesta saavutetaanko tässä ajassa valtakunnallinen kattavuus (tiedonanto Lantmäterietistä 17.12.2008). Tämä lisää laserkeilauspalvelujen kysyntää markkina-alueella huomattavasti.

## **5.2 Korkeusmallituotanto Maanmittauslaitoksessa**

Osaaminen hankittiin ensin Ilmakuvakeskukseen, ja tuotannon alkaessa sitä levitettiin alueellisiin maanmittaustoimistoihin. Pääperiaate on, että kussakin maanmittaustoimistossa tehdään ensisijaisesti sen aluetta koskevat stereotyöasemalla tehtävät vuorovaikutteiset työt. Ensimmäisen tuotantovuoden aikana kaikki suunnitellut laserkeilausalueet saatiin keilattua, ja aineistojen prosessointi sujui ilman yllättäviä vaikeuksia. Laserkeilausaineistojen laadunvalvonta osoittautui tarpeelliseksi ja jonkin verran jouduttiin tekemään uusintakeilauksia ja keilausten täydennyksiä. Kaikki ensimmäisen tuotantovuoden aikana suunnitellut henkilöstön kouluttamiset saatiin vietyä läpi ja tuotanto on edennyt suunnitellussa aikataulussa. Ensimmäisen tuotantoalueen valmis korkeusmalli, noin 800 km<sup>2</sup>, valmistui 28.10.2008.

### 5.3 Korkeustietojen käyttäjien kokemuksia

Korkeustiedon käyttäjien kokemuksia on kuultu niin Maanmittauslaitoksen järjestämässä seminaareissa, yhteistyökumppaneiden tilaisuuksissa kuin tuotannon käynnistymisen jälkeen yhteydenpidossa laserpistepilvien ja korkeusmallien toimittamisen yhteydessä. Marras-joulukuussa 2008 yhteistyökumppaneille sekä muille aineistoja käyttäneille suunnattiin kysely, jossa toivottiin palautetta mm. aineistojen käytettävyydestä ja tarkkuustekijöistä, tuotannon käynnistymisen onnistumisesta sekä tulevaisuuden toiveista korkeustiedon keräämisen suhteen. Vastauksia saatiin kymmenkunta. Seuraavassa on esitetty esille tulleita kokemuksia käyttäjäryhmittäin:

#### SYKE ja Uudenmaan ympäristökeskus

SYKE osallistui laserkeilaustestityöhön lähinnä testaamalla korkeusaineiston käytettävyyttä tulvakartoituksiin. Aineiston tuontia kokeiltiin eri formaatteja ja ohjelmistoja käyttäen (formaattit: LAS, ASC ja XYZ, ohjelmistot: ArcGIS, LAsTools, AutoCAD: Quicksurf ja Novapoint). Pistepilvi tallennettiin ESRI:n ArcSDE-tietokantaan Terrain-tietotyyppiä käyttäen. Harvennetut pistepilvet (TerraScan: model keypoints) todettiin riittävän kevyiksi myös suunnitteluohjelmissa käytettäväksi. LAS-tiedostojen käsittely oli paikoin raskasta em. ohjelmistoilla, joten valmis korkeusmallituote (KM2) on varmasti hyödyllinen loppukäyttäjille.

Pistepilvestä tuotettuja pikselikooltaan erikoisia korkeusmallituotteita käyttäen laadittiin Salon tulvavaarakartoitus jääpatoskenaariolle (120 m<sup>3</sup>/s). Tuloksista tutkittiin, miten tulvavaarakartoituksessa oleelliset pienipiirteiset kohteet (esim. penkereet) erottuvat mallinnuksesta. Pikselikooltaan 2 m korkeusmalli todettiin tämän tutkimuksen perusteella riittäväksi tulvavaarakartoituksen tarpeisiin (kuvat 7 ja 8). Myös pistepilven yhdistämistä Uskelanjoen luotausaineistoon kokeiltiin virtausmallinnusta varten. Uudenmaan ympäristökeskuksessa testattiin uoman törmänreunan ja tasaisten alueiden mallintuvuutta sekä vedenpinnan määrittämistä. Kaiken kaikkiaan ympäristökeskusten palautteista pistepilven sekä korkeusmallin tarkkuuden osalta on positiivista. Tarkempien tulvakarttojen sekä analyysien lisäksi valtakunnallinen korkeusmalli vähentää tarvetta maastotöille, jolloin syntyy myös ajan- ja rahansäästöä.

Valuma-alue ja uomamallinnusta testattiin pistepilvestä tuotettua 10 m korkeusmallia käyttäen Halikonjoen alaosan osavaluma-alueella. Näiden avulla kehitettiin tulvavesien pidättämis-/viivyttämisaluiden tunnistamismenetelmiä (mm. valuma-alue- ja tilavuuslaskenta). KM25:llä tämä ei ollut mahdollista. Lisäksi pistepilvestä laadittiin erilaisia visualisointeja sekä laskettiin korkeuskäyriä ja erotuspintoja (DSM-DEM). Espoonlahdelle laadittiin meritulvamalli.

Rakennuksien luokitteluparametrit todettiin onnistuneiksi. Jotta maanpinnan pisteitä saataisiin myös tulva-alueelta vesistösuunnittelutehtäviä varten, kannattaisi keilaus toteuttaa aliveden aikaa. Muutoin keuhkavälillä lehdettömään aikaan toteutettu laserkeilaus palvelee ympäristökeskusten tarpeita parhaiten, sillä maanpinta on luotettavimmin havaittavissa kevätkeilauksesta.

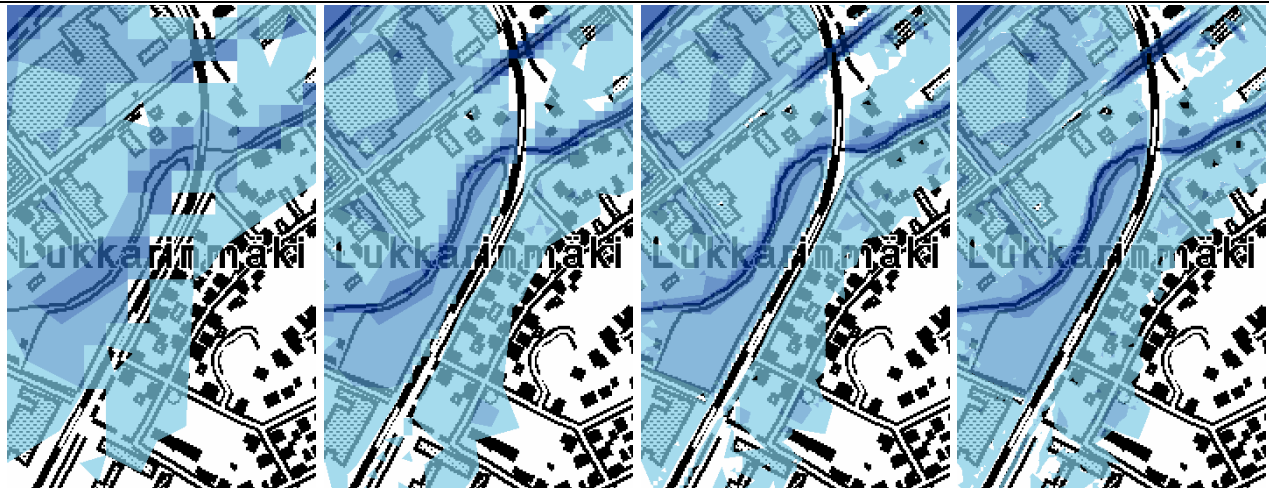
Vesistöpisteiden luokittelu (vakavedet ja virtavedet) palvelee esim. virtausmallien kalibrointia. Tällöin saadaan määritettyä keilaushetken vedenkorkeudet korkeusmallista. Lisäämällä maanpinnan korkeusmalliin silloista luokitelluista pisteistä muodostettu korkeusmalli, saadaan määritettyä tulvavaarakartoituksessa myös mahdolliset tulvan peittämät sillat. Padoille voisi olla vielä oma luokkansa. Keilauksen aikainen ilmakuvaukseen olisi nähty hyödylliseksi joissakin sovelluksissa. Sameista vesipinnoista tuleva heijastus oli paikoin ongelmallinen rantaviivan tulkinnan kannalta.

Suomen Ympäristökeskuksen ja alueellisten ympäristökeskusten toiminta kattaa koko maan. Tulvavaherkilta alueilta tarkemman korkeustiedon saaminen on kriittistä. Toisaalta esimerkiksi valuma-alueiden tutkimisen kannalta koko maan kattava korkeusmalli on ympäristökeskuksillekin tärkeää. Varsinaisen tulvariskin hallitsemiseksi ei ajantasaistamisen sykliä (uudelleen keilaamista) tarvittaisi

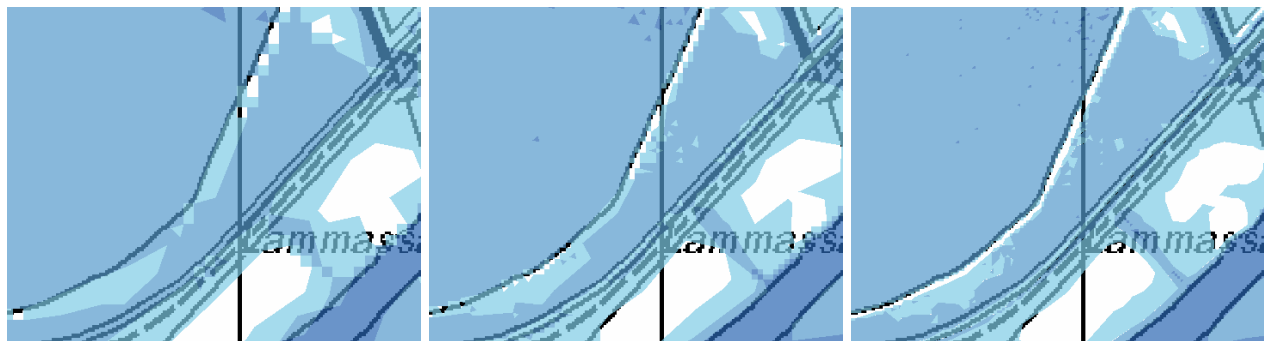


kovin tiheästi, mutta alueilla, joissa maankäytön muutokset ovat suuria ja nopeita, päivittämistä tarvittaisiin muutamien vuosienkin välein.

Veteen tunkeutuva vihreä laserkeilaus mahdollistaisi uoman pohjan ja rannan korkeustiedon keräämisen samanaikaisesti. Tällöin saataisiin laadittua tehokkaasti, ilman erillisiä kaikuluotauksia korkeusmalli, jossa on yhdistetty uoman ja tulva-alueen geometria. Mallia voitaisiin hyödyntää mm. virtausmallien laatimisessa.

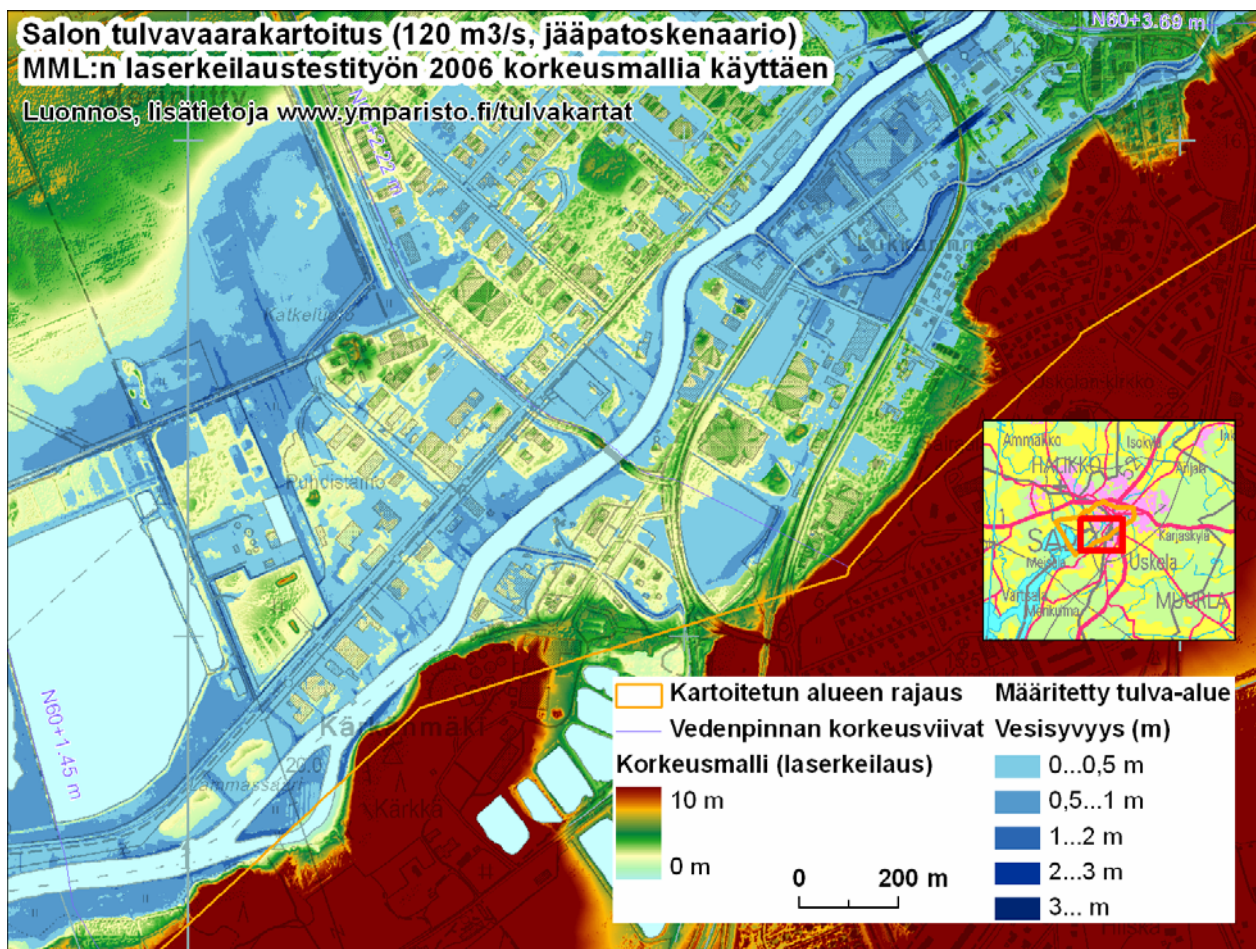


Kuva 1. Kuvasarja korkeusmallin pikselikoon vaikutuksesta tulva-alueeseen. Vasemmalta 25 m, 10 m, 5 m ja 2,5 m pikselikoot. Syvyysvyöhykkeet (vaalein sininen: 0...0.5 m, 0.5...1 m, 1...2 m, 2...3 m ja yli 3 m).



Kuva 2. Kuvasarja korkeusmallin pikselikoon vaikutuksesta tulva-alueeseen. Vasemmalta 10 m, 5 m ja 2,5 m pikselikoot

Kuva 7. Kuvasarja korkeusmallin pikselikoon vaikutuksesta tulva-analyyseissä (SYKE).



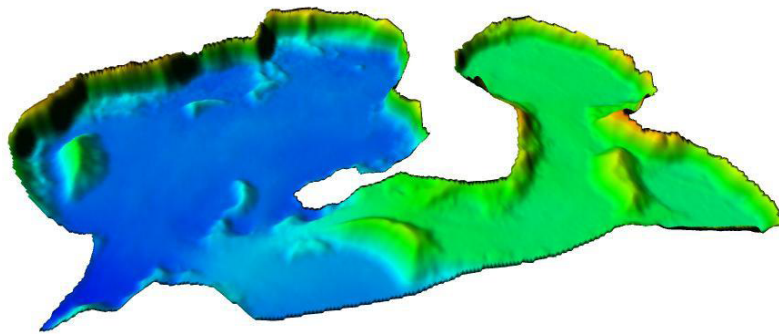
Kuva 8. Tulvakartta jääpatoskenaariosta, Salo (SYKE).

## Geologian tutkimuskeskus (GTK)

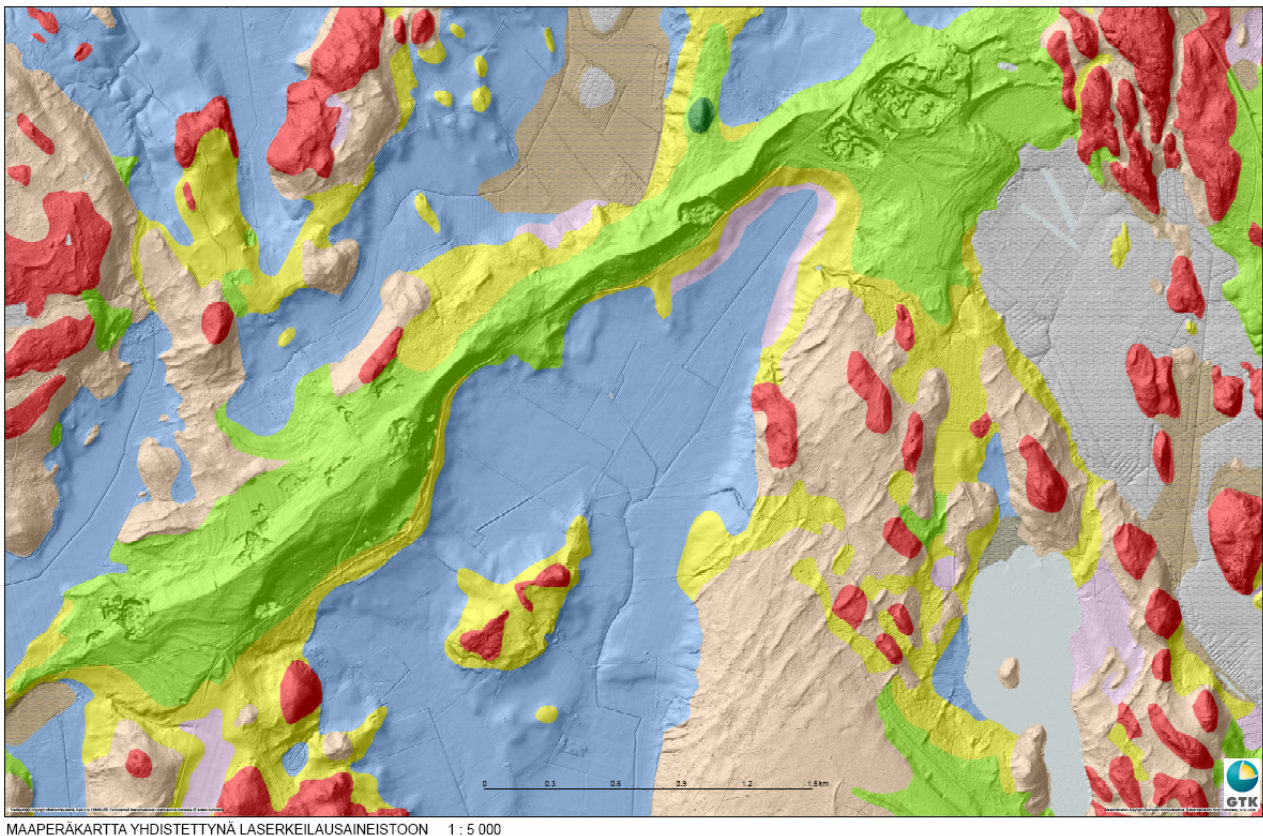
GTK on käyttänyt MML:n laserkeilausaineistoja mm. maastomallin laskentaan sekä maa-ainesten ja kiviainesten ottopaikoissa tilavuuslaskentaan. Valmista korkeusmallia GTK suunnittelee käyttävänsä tämän lisäksi esimerkiksi maaperä- ja kallioperä- sekä turvetutkimuksessa, ruhjetulkinnassa sekä geofysikaalisen mittaustiedon käsittelyssä ja tulkinnassa (kuva 8). Lisäksi korkeustietoa voidaan GTK:lläkin käyttää hyväksi yleisessä maankäytön suunnittelussa.

Myös GTK:n kannalta valtakunnallisesti kattava korkeusmalli on tarpeellinen. Ajantasaistamista toivotaan erityisesti kaupunkien ja kasvukeskusten ympäristöistä, joissa sora- ja kalliokiviainesten varantoja ja ottamista tulisi seurata mielellään noin 5-6 vuoden välein.

Kustannussäästöjä GTK arvelee saavuttavansa uuden korkeusmallin avulla erityisesti, jos sen avulla voidaan korvata linjoitus- ja vaaitustöitä mm. turvetutkimuksissa ja inventoinnissa.



Kuva 9. Suomusjärven Salitun louhos, jonka maa-aineksen ottomäärä voidaan arvioida laserkeilausaineistosta tehdyn 3D-mallin avulla (GTK).



Kuva 10. Laserkeilausaineisto yhdistettynä 1:20 000 maalajikuvioaineistoon (GTK).



## **Etelä-Savon metsäkeskus**

Etelä-Savon metsäkeskuksessa pistepilvestä on interpoloitu korkeusmalleja valuma-alue mallinnuksia varten sekä maisemahankkeissa näkyvyysanalyysissä ja näihin tarkoituksiin pistepilviaineiston korkeus- sekä sijaintitarkkuus on todettu riittäviksi. Tulevaisuudessa metsäkeskus suunnittelee käyttävänsä korkeusaineistoa visualisoinneissa sekä luontotyyppien ja elinympäristöjen rakennepiirteiden kartoituksessa (Metso II ohjelma). Metsäkeskukset tarvitsevat tarkkaa korkeusmallia myös vesipolitiikan puitteiden toteutukseen liittyvissä vesienhoito- ja toimenpidesuunnitelmissa. Näitä varten keväällä keilattu, tarkan maanpinnan korkeustiedon saaminen koko maan kattavasti on metsäkeskuksillekin tärkeää - etenkin kun odotettavissa on, että metsäkeskusten omista tulevista lehdellisen kauden laserkeilauksista saadaan lisäinformaatiota (puustotietoa).

## **Kuntakäyttäjät(Huittinen, Tampere, Vantaa)**

Kunnissa pistepilviaineistoa ja korkeusmallia on käytetty kartoitustyössä, kuten yleissuunnittelussa, kanta-kartan korkeuskäyrien luomisessa sekä asemakaavan pohjatietona ja ilmakuvien ortorektifoinnissa. Korkeustiedosta on tuotettu myös maastomalleja, vinovalovarjostuksia sekä muita 3D-esityksiä erilaisiin visualisointi- ja muihin tarpeisiin. Myös kuntapuolella korostuvat erilaiset tulvasuojeluhankkeet, kuten profiilianalyysit ja virtaamatarkastelut.

Kunnat olisivat kiinnostuneita saamaan päivitettyä korkeustietoa alueiltaan noin 5 vuoden sykleissä, joskin tämä ymmärretään melko mahdottomaksi toteuttaa. Joka tapauksessa laajojen alueiden (myös oman kunnan rajat ylittävä) homogeeninen korkeusmalli hyödyttää kuntia mm. tulva- ja valuma-alueiden osalta sekä ylipäänsä seutukuntatasoisissa hankkeissa. Valtakunnallisen korkeusmallin arvioidaan tuovan säästöjä erityisesti sen vähentäessä maastotöiden tarvetta yleissuunnittelu tehtävissä niin kunnan kuin seutukuntienkin tasolla.

Vantaan kaupunki testasi valtakunnallisen keilausaineiston (kuva 11) tarkkuutta vertaamalla sitä aiemmin teetettyyn laserkeilaukseen jossa keilauskorkeus oli 400 metriä ja keilausajankohta 22. - 23.8.2006 (kuva 12). Molemmista luokitelluista keilausaineistoista tuotettiin maanpinnan korkeussuhteita kuvaavat harmaasävykuvat. Kuvien oikeassa ylänurkassa näkyy oja-alue. Valtakunnallisen korkeusmallin tuottamiseksi tehdyssä laserkeilauksessa se erottuu paremmin. Vaikka keilauskorkeus oli kaksi kilometriä, niin lehdetön ajankohta keväällä mahdollisti tältä osin hyvän tuloksen. Loppukesällä tehty matalakeilaus ei odotuksista huolimatta kaikkialta ollut tavoittanut maanpintaa tiheään lehvästön läpi, vaikka keilauksen laskennallinen pistetiheys oli peräti 12 pulssia neliömetrillä.

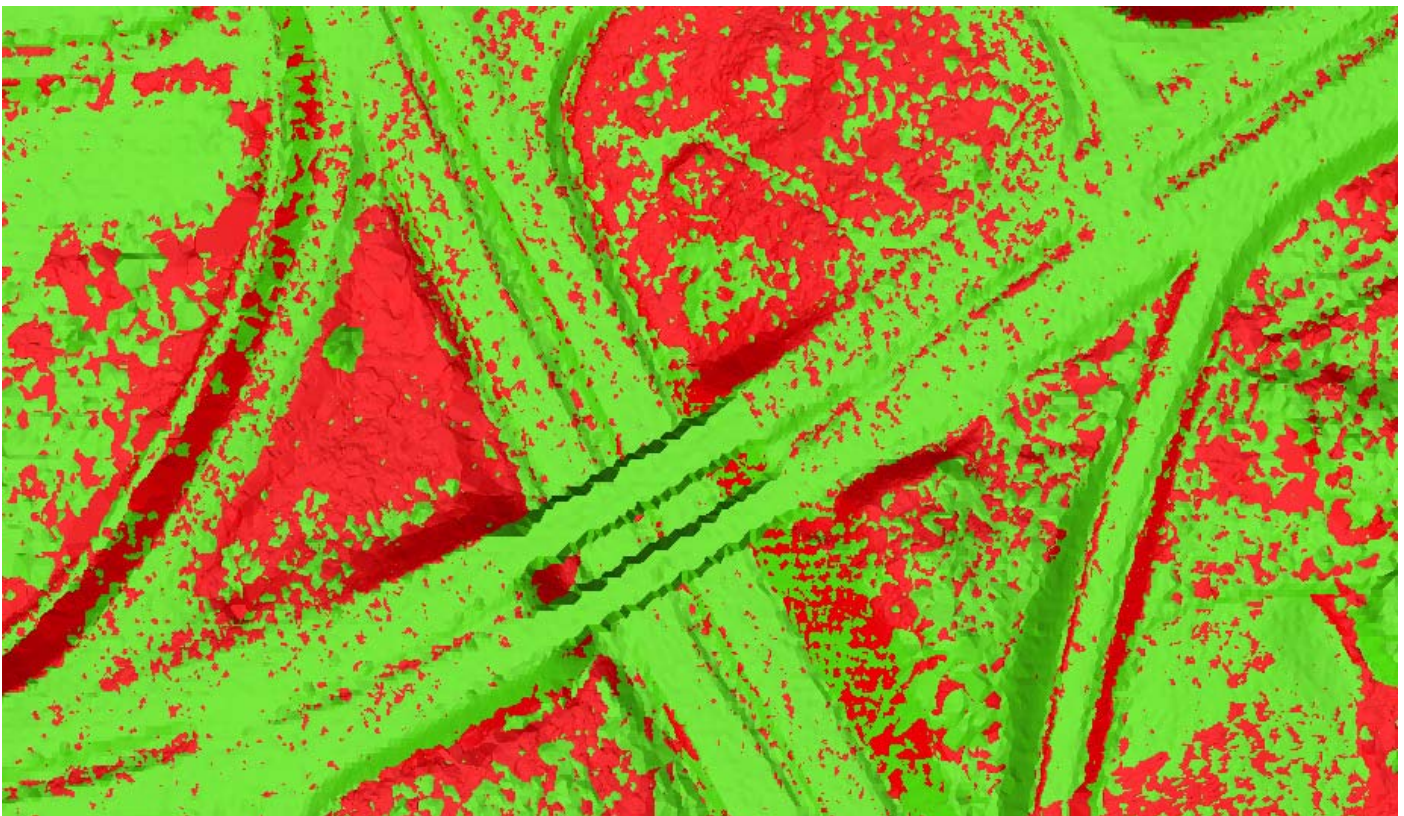


Kuva 11. Pala havainnollistettua valtakunnallista laserkeilausaineistoa vuodelta 2008(Vantaan kaupunki).



Kuva 12. Vastaava alue 400 m korkeudesta vuonna 2006 tehdystä laserkeilauksesta (Vantaan kaupunki).

Kuvassa 13 valtakunnallisen korkeusmallin laserkeilausaineisto (EUREF-FIN/TM35 ja N2000) on muunnettu Vantaalle sopivaan muotoon (VVJ ja N43). Kuvassa on punaisella värillä Vantaan keilaus 2006 ja vihreällä Maanmittauslaitoksen keilaus 2008. Kunkin kuvapikselin kohdalla väri osoittaa, kumpi keilausaineisto on korkeusasemaltaan ylempänä. Esimerkkialue on Hämeenlinnanväylän (VT 3) ja Kehä III:n risteyksessä. Kuvasta näkyy, että molempia värejä on koko kuvan alueella. Aineistoissa ei ilmeisesti ole karkeita virheitä. Yksiselitteisillä asfalttipinnoilla on molempia värejä, joten valtakunnallinen aineisto toimii niillä alueilla hyvin. Kuvassa olevat punavoittoiset alueet ovat maastossa avoimia ja lähes puuttomia alueita, joissa on Vantaan keilauksen aikana ollut runsas aluskasvillisuus. Laserpulssien viimeiset kaiut eivät ole siellä tavoittaneet maanpintaa. Myös tämä vertailu yllätti myönteisesti, kun arvioidaan valtakunnallisen aineiston käytettävyyttä kunnissa.



Kuva 13. Valtakunnallisen ja 400 m korkeudesta tehdyn laserkeilauksen vertailua (Vantaan kaupunki).

Paikallisten korkeusmallihankkeiden ja valtakunnallisen tuotannon yhteensovittamista ei ensimmäisen tuotantovuoden aikana suoranaisesti päästy kokeilemaan. Hankintalaki on omiaan vaikeuttamaan yhteishankintoja ja jäykistää hankintamenettelyä koska hankittavat palvelut on kuvattava ja määriteltävä hyvissä ajoin ennen palvelun (laserkeilauksen) ajankohtaa. Näin ollen tiedot paikallisista hankkeista pitäisi olla jo laserkeilaustarjouspyynnön laatimisvaiheessa, mikäli laserkeilaukset toteutetaan ostopalveluna. Toisaalta uusi valtakunnallinen korkeusmalli ja sen tuottamiseen hankittu laserkeilausaineisto todennäköisesti tulevat tyydyttämään useat paikallisetkin tarpeet.

## 5.4 Esiin tulleet uudet tarpeet

Korkeustiedon käyttäjille suunnatussa kyselyssä toivottiin kommentteja ja parannusehdotuksia Maanmittauslaitoksen viestintään, tuotantoon ja aineiston jakeluun sekä korkeusmallituotannon tulevaisuuteen liittyen.

Asiasta annettua informaatiota ja erityisesti ajantasaista karttapohjaista tietoa MML:n internet-sivuilla pidettiin hyvänä tiedonjakamisen kanavana. Tuotannon etenemisen lisäksi internet-sivustolle kaivataan kuitenkin myös lisää tietoa laserkeilauksesta ylipäänsä sekä tietoa käytettävästä pistepilviformaatista (las) ja aineistojen käyttämisestä yleisimmin käytössä olevissa Gis-ohjelmistoissa. Tämän lisäksi aiempien vuosien kaltaisten seminaarien järjestämistä tulevinakin vuosina toivottiin.

Toimitettavien aineistojen mukana tulevaa metadataa toivottiin kehitettävän siten, että se sisältäisi enemmän tietoa mm. käytetystä laserkeilaimesta sekä suoritetuista aineiston tarkastukseen ja luokitteluun käytetyistä laskennoista ja parametreista. Näihin edellä mainittuihin informaation ja metadatan tarpeisiin Maanmittauslaitoksen on mahdollista vastata nopeallakin aikataululla.

Kyselyssä kysyttiin myös eri korkeustiedon käyttäjien käsitystä uudempien laserkeilaustekniikoiden, eli niin kutsutun full-wave sekä vihreän-laserin hyötypotentiaalista. Full-wave laserkeilain koettiin mahdollisen lisäinformaation kannalta tärkeäksi, mutta erityisesti vihreän laserin antamaa tietoa toivottiin moniin erilaisiin projekteihin ja analyyseihin.

Esimerkiksi SYKE:ssä vihreästä laserista kommentoitiin seuraavanlaisesti: "Veteen tunkeutuva vihreä laserkeilaus mahdollistaisi uoman pohjan ja rannan korkeustiedon keräämisen samanaikaisesti. Tällöin saataisiin laadittua tehokkaasti, ilman erillisiä kaikuluotauksia korkeusmalli, jossa on yhdistetty uoman ja tulva-alueen geometria. Mallia voitaisiin hyödyntää mm. virtausmallien laatimisessa". Samoja tietoja kaivattaisiin kuntapuolellakin erilaisissa tulvaprojekteissa. Myös GTK toivoisi voivansa hyödyntää kattavaa ja tarkempaa syvyystietokantaa tulevaisuudessa.

Tulevien vuosien laserkeilausalueita suunniteltaessa toivottiin lisää synkronointia niin GTK:n kartoitussuunnitelmien kuin metsäkeskusten laserkeilausten kesken.

## 6 Tiedottaminen

Yhteistyöryhmä totesi, että viestintä ja uuden korkeusmallin tuotannosta tiedottaminen on keskeistä yhteistyön onnistumisessa ja uusien tietojen saamisessa käyttöön mahdollisimman tehokkaasti. Työn alussa laadittiin tiedottamissuunnitelma, jota tarkennettiin ja toteutettiin työn edetessä.

Viestinnässä on käytetty seuraavia menetelmiä:

Lehdistö

Uudesta korkeusmallista, laserkeilauksesta ja tuotannon aloittamisesta julkaistiin artikkeleja alaan liittyvissä painetuissa ja verkkolehdistä, kuten Maankäyttö, Positio, Tietoa Maasta ja 60 north. Lisäksi laserkeilausten aloittamisen yhteydessä aiheesta lähetettiin tiedote kaikkiin keilausalueilla ilmestyviin sanomalehtiin.



## Luennot

Aiheesta pidettiin runsaasti luentoja aihepiiriin liittyvissä tilaisuuksissa, kuten SYKE:n tulva- ja pätöpäivillä, MMM:n vesivarapäivillä, Maanmittauspäivillä, Paikkatietomarkkinoilla, Maanmittaustieteen päivillä 2007 ja 2008, Pohjoismaisten maanmittauslaitosten Nordic DEM- työpajassa, Helsingin yliopiston kursseilla sekä eri ohjelmisto- ja paikkatietoaineistotoimittajien käyttäjäpäivillä. Lisäksi aihetta on esitelty yhteistyössä mukana olevien organisaatioiden sisäisissä tilaisuuksissa.

## Sähköinen ja suora viestintä

Maanmittauslaitoksen lasertestityössä mukana olevista yhteistyökumppaneista laadittiin yhteystietolista, johon kuuluu noin 40 yhteyshenkilöä. Näille on tiedotettu sähköpostitse kehittämishankkeiden etenemisestä, tuotantosuunnitelmista ja tuotannon edistymisestä. Lisäksi laadittiin PowerPoint esitys uuden korkeusmallituotannon perusasioista, joka on kaikkien hanketta esittelevien vapaasti käytettävissä [www.maanmittauslaitos.fi/Tietoa\\_maasta/Ilmakuvaus/Laserkeilaus\\_ja\\_korkeusmalli\\_PowerPoint\\_esitys](http://www.maanmittauslaitos.fi/Tietoa_maasta/Ilmakuvaus/Laserkeilaus_ja_korkeusmalli_PowerPoint_esitys). Maanmittauslaitoksen internet-sivuilla on aiheesta julkaistu erilaisia tiedotteita ja esillä on jatkuvasti uuden korkeusmallin tekniset määrittelyt sekä ajantasainen tuotantosuunnitelma ja -tilanne.

Laserkeilausten aloittamisen yhteydessä asiasta lähetettiin tiedote kaikkiin n. 120 kuntaan joiden aluetta kevään 2008 laserkeilaukset koskettivat.

Jotkut alueelliset maanmittaustoimistot ovat tiedottaneet käynnistyvästä korkeusmallituotannosta potentiaalisille tietojen käyttäjille, kuten esimerkiksi kunnille, erilaisissa omissa tilaisuuksissaan.

## Seminaaripäivät

7.6.2007 ja 10.10.2008 järjestettiin Maanmittauslaitoksessa asiaa käsittelevät avoimet seminaaripäivät. Ensimmäisessä seminaaripäivässä esiteltiin laserkeilauksen testityön tuloksia ja kaavailtuja uuden valtakunnallisen korkeusmallin teknisiä määrittelyjä. Teknisistä määrittelyluonnoksista kerättiin seminaarin osallistujilta palautetta. Lisäksi esillä olivat Metsätalouden kehittämisskeskus Tapion suunnitelmat laserkeilauksen käyttöönotosta metsätaloudessa sekä joitakin muita laserkeilauksen ja korkeustietojen sovelluskohteita. Toisessa seminaarissa esiteltiin tuotannosta saatuja kokemuksia ja hankittujen tietojen käyttökokemuksia. Ensimmäiseen seminaariin osallistui 85 henkilöä ja toiseen noin 100 henkilöä.

# 7 Työryhmän ehdotukset jatkotoimenpiteiksi

## 7.1 Yhteistyöryhmän jatkaminen

Työryhmä on todennut yhteistyön jatkamisen tärkeäksi. Yhteistyön merkitys korostuu korkeusmallin tuotantoalueiden tärkeysjärjestyksen ja ajoittamisen suunnittelussa siten, että korkeusmalli valmistuu korkeustietojen käyttäjien kannalta optimaaliseen aikaan. Systemaattinen yhteistyö on tärkeää jatkossa myös metsätalouden tarpeisiin ja korkeusmallituotantoa varten tarvittavien laserkeilausten koordinoimiseksi.

Yhteistyöryhmä esittää, että Maa- ja metsätalousministeriö asettaisi uuden yhteistyöryhmän kaudelle 2009 - 2010. Työryhmän tehtävinä olisivat mm.

- tuotantosuunnitelman ajan tasalla pito

- teknisten määritelmien korjaamistarpeiden seuranta ja toteutus
- korkeusmallin ajan tasalla pitotarpeiden selvittäminen
- kohdassa 7.5 esitettyjen kehittämishankkeiden tukeminen
- varmistaa että tieto korkeusmallituotantoon liittyvistä asioista kulkee asianosaisten kesken

Uuteen yhteistyöryhmään kuuluisivat nykyiset osapuolet sekä lisäksi muita suuria korkeustietojen julkisen sektorin käyttäjäorganisaatioita, kuten esimerkiksi Puolustusvoimat, Metsäntutkimuslaitos ja Geologian tutkimuslaitos.

## 7.2 Tuotantosuunnitelmien ja teknisten määritelmien päivitys

Tuotantosuunnitelmia päivitetään jatkossakin korkeustietojen käyttäjien tarpeista lähtien. Tuotantoa varten saatavan rahoituksen määrä ratkaisee vuosittaisen tuotantomäärän yhdessä keilausten kustannustason kanssa. Jos keilaukset hankitaan pääosin ostopalveluna, kustannustasoon vaikuttaa markkinatilanne.

Teknisiä määritelmiä päivitetään jos se osoittautuu korkeustietojen käytön kannalta tarpeelliseksi. Toistaiseksi ei ole tullut esiin muutostarpeita, mutta jos niitä tulee esiin, niitä käsitellään (jossain muodossa jatkavassa) korkeustietoyhteistyöryhmässä. MML varautuu tekemään muutoksia tekniisiin määritelmiin tarvittaessa.

## 7.3 Tuotantovastuu

Valtakunnallisen korkeusmallin tuotantovastuu on Maanmittauslaitoksella. Tähän kuuluu tuotannon suuntaamisen suunnittelu edellä kuvatuilla periaatteilla. Tuotantovastuuseen sisältyy myös tuotannosta tiedottaminen niin, että kaikki korkeustietojen tai tuotannon yhteydessä syntyvän laserkeilausaineiston käyttäjät saavat tiedon siitä miltä alueilta aineistoa saadaan käyttöön. Paikallisten korkeusmallihankkeiden kanssa tehdään yhteistyötä tiedonkeruun yhteensovittamiseksi mahdollisuuksien mukaan molempia osapuolia hyödyttävällä tavalla.

## 7.4 Rahoitus

Koska kysymys on valtakunnallisen, yleisten kartastotöiden piiriin kuuluvan, aineiston tuottamisesta, pääosa rahoituksesta pyritään saamaan maastotietotuotantoa varten osoitetuista budjettivaroista. Tuotantoaikataulun nopeuttamiseksi rahoitusta pyritään lisäksi saamaan myös mm. kaikilta MMM:n yhteistyöryhmässä mukana olevilta ja muilta suurimmilta korkeustietojen käyttäjäorganisaatioilta. Myös erillistä lisärahoitusta valtion talousarviosta tulisi harkita, koska tuotanto on lähtenyt hyvin liikkeelle ja syntyvän aineiston hyödyntämismahdollisuudet ovat laajat eri sektoreilla.

## 7.5 Jatkokehittäminen

Laserkeilauksella tuotettujen korkeusmallien laadun arvioinnin menetelmiä tulisi kehittää palvelemaan toisaalta aineiston tuotantoa ja toisaalta loppukäyttäjiä. Myös korkeusmallin laatumittarien kehittämistä tulisi jatkaa. Tuotannon määrittelyvaiheessa käytetty 30 cm korkeustarkkuus on laatumittarina suppea, ja siihen kumuloituvat paikallisesti tilanteesta riippuen laserpisteiden korkeustarkkuus ja tasotarkkuus, todellisten maanpintaosumien lukumäärä ja jakauma, maanpintaluokituksen onnistuminen maanpintaosumista ja luokitusparametreista riippuen, gridin ruudun korkeusarvon interpoloinnin vaikutus sekä maaston topografia. Monipuolisempien laatumittarien tulisi huomioida korkeustarkkuuden (korkeuden keskivirheen) lisäksi muitakin laadun osatekijöitä, kuten tasosijaintivirhe sekä virheen alueellinen vaihtelu johtuen vaihtelevasta rinteiden jyrkkyyksistä ja maanpeitteestä.

Korkeusmallien laadun arvioinnin haasteina ovat mm. vertausaineiston edustavan otoksen määritteleminen, virheen eri osatekijöiden huomioon ottavien tunnuslukujen määritteleminen sekä kustannustehokkaat menetelmät tarkoitukseen riittävän hyvän vertausaineiston keräämiseksi. Riippumattomien matalalta kerättyjen suuren pistetiheyden (esim. 10 x korkeusmallin tuotannossa käytetyn aineiston pistetiheys (Hyyppä et. al. 2007) laserkeilausaineistojen sekä mobiilikartoituslaitteen (GL:n ROAMER, esim. Kukko et. al. 2007) avulla kerättyjen aineistojen mahdollisuudet alueellisesti kattavassa korkeusmallin laadun arvioinnissa tulisi selvittää erityisesti systemaattisen virheen analysoimiseksi. Lisäksi tulisi kehittää menetelmiä pelkästään laser-dataan sekä paikalliseen topografiaan perustuvien laatuindikaattoreiden laskemiseksi (Kraus et. al. 2006). Indikaattoreiden avulla pystyttäisiin kuvaamaan ja ennustamaan korkeusmallien satunnaisvirhettä sekä virheen alueellista vaihtelua. Tällaisesta menettelystä olisi paljon hyötyä jo tuotannon kannalta, koska kattavampaa tietoa sekä laserdatan laadusta että tulevan lopputuotteen arvioidusta laadusta saataisiin jo mahdollisimman varhaisessa vaiheessa tuotannon aikana.

Metsien inventoinnissa ollaan laajalti siirtymässä laserkeilainperusteisiin menetelmiin. Esimerkiksi yksityismetsien osalta tuotannolliset keilaukset käynnistyvät kaikissa 13 metsäkeskuksessa 2010. Korkeusmallituotannossa hyödynnetään ominaisuuksiltaan täysin vastaavaa aineistoa kuin metsätulkinnassa. Korkeusmallin kannalta pintakasvillisuutta tulisi kuitenkin olla mahdollisimman vähän ja lehteä ei olisi hyvä olla puussa, kun taas metsien inventoinnissa paras ajankohta on täyden lehden aikaan.

Lähtökohtaisesti voidaan sanoa, että sekä Maanmittauslaitos että metsäorganisaatiot tarvitsevat käytännössä koko Suomen laseraineistopeiton. Korkeusmallituotannon ensisijaiset lähivuosien prioriteettialueet ovat pääosin asuttujen alueiden ja vesistöjen ympärillä. Metsäsektorilla ollaan vastaavasti kiinnostuneita enemmän ns. metsä-Suomesta, joten luonnollistakin jakoa aineistohankinnalle löytyy ja yhteiskäytöllä voitaisiin saavuttaa merkittäviä kustannussäästöjä. Tätä silmälläpitäen on meneillään Tapion koordinoima MMM:n Kevätlaser-konserniohjelmahanke (2008 - 09), jossa Maanmittauslaitos selvittää kesäaikaan tehtyjen laserkeilausten soveltuvuutta korkeusmallituotantoon ja metsäpuolella tarkastellaan keväällä keilatun aineiston käyttöä puustotulkinnassa. Testiaineistoja on Pohjois-Suomesta, jossa vähäisemmän pintakasvillisuuden takia kesäaineisto nähdään potentiaalisena myös korkeusmallituotantoon, sekä Pohjois-Savosta, jossa on sekä keväällä että kesällä keilattua aineistoa samalta vuodelta ja alueelta.

Maanmittauslaitoksessa on yhdessä Geodeettisen laitoksen ja Teknillisen Korkeakoulun asiantuntijoiden kanssa selvitelty laserkeilausaineistojen hyväksikäyttömahdollisuuksia maastotietojen ajantasaistuksessa. Aiheesta tehtiin opinnäytetyö (Kareinen 2008) vuoden 2008 aikana. Tässä selvityksessä todettiin että yhteiskäyttöön on potentiaalia, mutta valmiita tuotantoon suoraan otettavissa olevia menetelmiä ei toistaiseksi ole. Digitaalisen kuvasensorin käyttöönotto vuonna 2009 ja laserkeilausaineistojen pistetiheyden kasvaminen jatkossa muuttavat tilannetta, ja tämänkaltaisten menetelmien kehittäminen helpottuu.

Navigoinnin ja kauppamerenkulun kannalta tärkeät alueet mitataan pääasiassa peittävästi monikeilauksella sekä joiltakin osin linjaluotauksella. Matalat ranta-alueet ovat navigoinnin ja kauppamerenkulun kannalta marginaalisia reuna-alueita, joita ei nykyisen mittauskäytännön mukaan ja merenmittaukseen osoitetun rahoituksen puitteissa voida mitata kattavasti tai ollenkaan. Kuitenkin valtakunnallisen korkeusmallin kannalta nämä saumakohdan muodostavat alueet ovat samanarvoisia muiden vesialueiden kanssa. Näiden alueiden osalta on tarvetta jatkaa selvityksiä mittausten teknisiksi ratkaisuihin sekä rahoituksen saamiseksi.

Matalien vesialueiden pohjien korkeustiedoille on tarvetta muissakin sovelluksissa, mm. tulvien mallinnuksessa ja tulvariskien analysoinnissa. Näiden alueiden korkeustietojen tuottamista varten on hankittava lisää tietoa vihreän valon laserkeilauksen mahdollisuuksista.

Työryhmän puitteissa, mikäli se jatkaa toimintaansa, voisi olla hyödyllistä selvittää eri tahojen tarpeet matalien ranta-alueiden pohjatopografiatietojen ja maastomallin yhdistelmälle.

Muiden käyttökohteiden osalta tuetaan laserkeilausaineistoihin ja uuteen korkeusmalliin liittyviä tutkimushankkeita luovuttamalla aineistoa tutkimushankkeisiin. Maanmittauslaitoksen toteuttaman laser-testityön yhteydessä tuotettuja aineistoja on toimitettu lähes 20 organisaatiolle tutkimuskäyttöön.

## Viitteet

Hyypä J, Matikainen L, Kaartinen H, Xiaowei Y, Hyypä H ja P Rönholm (2007). Improving Automation in Map Updating Based on National Laser Scanning, Classification Trees, Object-Based Change Detection and 3D Object Reconstruction. Urban Remote Sensing Joint Event, 2007, 11-13 April 2007, 1 - 10.

Kareinen Juha (2008). Maastotietokannan ajantasaistus laserkeilausaineistosta. TKK, diplomityö.

Kraus K, Karel W, Briesse C ja Mandlbürger G (2006). Local accuracy measures for digital terrain models. *Photogrammetric Record*, 21: 116, 342-354.

Kukko A, Andrei C-O, Salminen V-M, Kaartinen H, Chen Y, Rönholm P, Hyypä H, Hyypä J, Chen R, Haggren H, Kosonen I ja K Capek (2007). Road environment mapping system of the Finnish Geodetic Institute - FGI ROAMER. *International Archives of Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*, 36(3/W52), 241-247.

MMM 2006:14. Valtakunnallisen korkeusmallin uudistamistarpeet ja vaihtoehdot. maa- ja metsätalousministeriön korkeusmallityöryhmän työryhmämuistio.

# MÄÄRITTELYT MAANMITTAUSLAITOKSEN MAASTOTIETOJÄRJESTELMÄN OSANA OLEVALLE KORKEUSPISTEAINEISTOLLE JA KORKEUSMALLITUOTTEELLE SEKÄ NIIDEN LAADULLE JA METATIEDOILLE

Maanmittauslaitos  
12.11.2007

Määrittelyt ovat alustavia ja voivat vielä muuttua jonkin verran.

LAS - Low Point täsmennys on tehty 15.08.2008.

## 1. KORKEUSPISTEAINEISTO

Lentokoneesta laserkeilaamalla tuotetaan kolmiulotteinen pistejoukko (pistepilvi), joka kuvaa kaikkia niitä kohteita, joista saadaan kutakin lähtenyttä laserpulssia vastaavasti yksi tai useampia paluupulsseja. Korkeuspisteaineistolla tarkoitetaan koko pistepilveä, koska kaikilla pisteillä (esim. maahan tai puustoon osuneet) on tunnettu korkeus, ja koko pistemassa talletetaan erilaisia käyttötarkoituksia varten. MML:n pääkäyttötarkoitus on valtakunnallinen korkeusmallituotanto.

Pistepilveen kohdistuu erilaisia automaattisia ja vuorovaikutteisia tarkastuksia, kalibrointeja ja luokituksia. Lopullinen laserpisteiden luokittelu/luokittelun tarkastus tehdään MML:ssa ESPA stereotyöasemaympäristössä. Tässä vaiheessa operaattori voi lisätä maanpintapisteitä tai virtavedenpintapisteitä sellaisiin, käytännössä harvoin paikkoihin, joissa ei ole riittävästi laserpisteitä korkeusmallin laadun kannalta.

**Koordinaattijärjestelmänä** on EUREF-FIN/TM35FIN, N2000. Lopullisen luokittelun jälkeen pisteet talletetaan levypalvelimille tavallisella hakemisto-tiedosto rakenteella UTM35 karttalehtijaon mukaisina 3x3 km karttalehtinä/tiedostoina (ei siis maastotietokantaan). Stereo-operaattorin mahdollisesti lisäämät pisteet talletetaan eri tiedostoihin kuin laserpisteet. Tämä pistevarasto toimii kaikkien mahdollisten erilaisten korkeusmallituotteiden ja muiden käyttösovellusten lähtöaineistona.

Tiedostojen formaattina on (binäärinen) **LAS**. Pisteaineisto on seitsemässä eri luokassa seuraavan taulukon mukaisesti:

Luokan arvo	Merkitys	Esiintyminen ja luokituksen oikeellisuus
0	Created, never classified	ei
1	Unclassified1	<b>Loput luokittelemattomat pisteet</b> (= luokittelematon viimeinen tai ainoa pulssi)
2	Ground	<b>Luotettava</b> (luokiteltu mahdollisimman kattavasti automaattisesti + vuorovaikutteisesti)
3	Low Vegetation	<b>Yleisluokka kasvillisuudelle</b> (= 1. tai välipulssi)
4	Medium Vegetation	ei
5	High Vegetation	ei
6	Building	ei
7	Low Point (noise)	<b>Satunnaisesti</b> , perustuu automaattiseen luokitteluun
8	Model Key-point (mass point)	ei
9	Water	<b>Luotettava</b> , rajattu maastotietokannan (vaka)vesialueilla
10	Bridge (LAS 2.0)	<b>Luotettava</b> , luokiteltu mahdollisimman kattavasti vuorovaikutteisesti
11	Reserved for ASPRS Definition	ei
12	Overlap Points2	ei
14	Stream (LAS 2.0)	<b>Luotettava</b> , rajattu maastotietokannan virtavesialueilla

Luokanarvot 10 Bridge ja 14 Stream on otettu mukaan, vaikka ne tulevat virallisesti käyttöön vasta LAS formaatin versiossa 2.0.

Laserdata sisältää jokaista paluupulssia (laserpistettä) kohden vähintään seuraavat tiedot:

- pisteen luokka
- lentojonon numero
- lähtöpulssin aikaleima
- E, N, Z –koordinaatit
- intensiteettiarvo
- pulssin numero, esim. 1/1, 2/3, 4/4...

Laserpisteiden **korkeustarkkuus** (RMSE enintään) on 15 cm yksiselitteisillä pinnoilla. Yksiselitteinen pinta tarkoittaa pintaa, jonka päällä voi olla puustoa, mutta pinta itsessään on rakenteeltaan selkeä, ja pintakasvillisuutta ei ole tai sitä on hyvin vähän. **Tasotarkkuus** (RMSE enintään) on n. 60 cm yksiselitteisillä kohteilla.

Korkeusmallin kannalta oleellisin on laserpisteistön maanpintaluokka. **Luokittelun laatua** tarkasteltaessa on huomattava, että automaattisessa maanpinnan luokituksessa osa keskenään lähekkäisistä maanpinnan laserpisteistä suodatetaan tarkoituksellisesti pois maanpintaluokasta turhana kohinana. Lisäksi on väistämättä paikallisia yksityiskohtia, joissa laserpisteitä luokituu väärin ulos maanpintaluokasta tai päinvastoin. Nämä jäljelle jääneet luokitteluvirheet ovat kuitenkin valtakunnallisen korkeusmallin kannalta tilastollisesti merkityksettömiä.

**Keilauksen perusparametrit** edellä mainitun laatutason varmistamiseksi ovat seuraavat:

- Keilauksen avauskulma enintään n. 40 astetta (+/- 20 astetta)
- Keilausjonojen sivupeitot kattavasti vähintään 20%
- Pistetiheys vähintään 0.5 pistettä/m<sup>2</sup> (keskimääräinen laserpisteiden etäisyys toisistaan n. 1.4m), mitattuna ilman poikittaisjono- ja sivupeittoalueiden tihentävää vaikutusta
- Lentokorkeus on n. 2 km. Jos käytetään keilainta, jolla voi olla kaksi pulssia samanaikaisesti ilmassa, täytyy varmistaa (ei nosteta lentokorkeutta liikaa), että mittaustarkkuus ei kärsi ja että paluupulssit eivät missään mene sekaisin keskenään.
- Laserpulssin ”jalanjälki” maastossa enintään n. 50 cm.

## 2. KORKEUSMALLI

Uusi valtakunnallinen korkeusmalli on grid-malli 2 metrin ruutukoolla.

Korkeusmalli lasketaan korkeuspisteaineiston maanpintaluokan ja virtavesiluokan pisteistä. Vakavesi-alueet maskataan maastotietokannan rantaviivojen mukaan keilaushetken mukaiseen veden korkeuteen ja korkeusmalli talletetaan maastotietokantaan.

**Korkeusmallin tarkkuus** (RMSE enintään) on 30 cm.

Korkeusmalli on saatavissa sekä YKJ/N60 että EUREF/N2000 –koordinaatistoissa.

## 3. PISTEAINEISTON METATIEDOT

Seuraavat metatiedot talletetaan levypalvelimelle tietovarastoon **keilauslennoittain**:

- Keilauslento:
  - lähtö ja laskeutumisaika sekä käytetyt lentokentät
  - varsinaisen keilauksen tai osakeilausten alku- ja loppuajat
  - laitteisto (keilain, navigointijärjestelmä)
  - lavetti (lentokone)
  - henkilöstö (pilotti, navigaattori)
  - keilausparametrit; avauskulma, lentokorkeus, lentonopeus, skannaustaajuus, pulssitaajuus, sivupeitto (tai jonon leveys ja väli), keskimääräinen pistetiheys (pistettä/m<sup>2</sup>) ilman poikittaisjono- ja sivupeittoalueiden tihentävää vaikutusta
  - lämpötila ja ilmanpaine lentokentällä sekä keilauskorkeudella
  - yleiskuvaus pilvitilanteesta ja ilman kirkkaudesta
- GPS/IMU laskenta

- ohjelmisto ja versio
- laskija
- käytetyt tukiasemat
- GPS ratkaisun tyyppi, prosessointisuunta ja tunnusluvut (eteen-taakse laskennan RMS, GPS keskivirheet CA ja L1)
- Pistepilven muodostus
  - ohjelmisto ja versio
  - käytetyt kalibrointi-arvot (viittaus kalibrointilaskentaan, jonka arvoja on käytetty)
  - laskija
  - tiedostoformaatti ja sen sisältämät tiedot

Seuraavat metatiedot talletetaan levypalvelimelle tietovarastoon **tuotantoalueittain**:

Kukin tuotantoalue ja keilausjonot esitetään graafisesti siten, että mahdollinen osalentoihin jakautuminen käy ilmi sekä suunnitelman että toteuman osalta. Lisäksi selvitys mahdollisista suunnittelemissa keilauskatkoksista ja niiden syistä.

- Pistepilven projektikalibrointi
  - ohjelmisto ja versio
  - laskija
  - tehdyt toimenpiteet
    - koordinaatisto ja korkeusjärjestelmä sekä mahdolliset muunnokset
    - miten jonosovitus tehty
    - käytetty maastoreferenssi ja korjaukset
- Pistepilven luokittelu
  - ohjelmisto ja versio
  - automaattisessa luokittelussa käytetyt parametrit
  - kuvaus manuaalisista työvaiheista

#### 4. KORKEUSMALLIN METATIEDOT

Yhdelle työskentelyalueelle kerrallaan (3x3 km UTM35 karttalehti) tallennetaan alla luetellut metatiedot maastotietokantaan:

- korkeusjärjestelmä
  - N60, N2000
- tasokoordinaattijärjestelmä
  - YKJ, EUREF-FIN/TM35FIN
- laserkeilauksen päivämäärä
- laserkeilauksen tunnistenumero
  - tunnus, jolla MML:n suorittama tai tilaama laserkeilaus voidaan tunnistaa myöhemmin
  - laserpisteaineistoa voidaan saada myös MML:n ulkopuolelta, jolloin ulkopuoliselle aineistolle on annettava numerointilogiikkaan sopiva tunnus
- laserkeilauksen pistetiheys
  - pisteiden määrä / m<sup>2</sup> tai pisteiden keskimääräinen etäisyys toisistaan m
  - kertoo kaikkien laserpisteiden tiheyden, ei pelkästään maanpintaluokan pisteiden
- korkeusmallin muodostuspäivämäärä
  - pvm, jolloin malli on tallennettu tietokantaan
- korkeusmallin kantaan vientipäivämäärä
  - pvm, jolloin tuotantosuunnitelma on rekisteröity
- korkeusmallin pisteväli
- korkeusmallin muodostuksessa käytetty jäykkyysarvo
- korkeusmallin sijaintitiedot
  - vasemman alanurkan koordinaatit
  - rivien ja sarakkeiden määrä
  - min ja max korkeudet



## **MMM:n vuonna 2009 julkaisemat työryhmämuistiot**

2009:1      Lannoitevalmistesektorin tulevaisuuskatsaus vuosille 2009 – 2013  
ISBN 978-952-453-455-0 (Painettu)  
ISBN 978-952-453-456-7 (Verkkojulkaisu)

